

# Suomen talouden materiaalivirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030

Sirkka Koskela, Ilmo Mäenpää, Tuomas Mattila, Jyri Seppälä, Laura Saikku,  
Marja-Riitta Korhonen, Marja Suorsa, Henrik Österlund ja Ilkka Hippinen





# Suomen talouden materiaalivirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030

**Sirkka Koskela, Ilmo Mäenpää, Tuomas Mattila, Jyri Seppälä, Laura Saikku,  
Marja-Riitta Korhonen, Marja Suorsa, Henrik Österlund ja Ilkka Hippinen**

Helsinki 2013

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 26 | 2013  
Ympäristöministeriö  
Ympäristönsuojeluosasto

Taitto: Marianne Laune  
Kansikuva: iStockphoto

Julkaisu on saatavana vain internetistä:  
[www.ym.fi/julkaisut](http://www.ym.fi/julkaisut)

Helsinki 2013

ISBN 978-952-11-4220-8 (PDF)  
ISSN 1796-170X (verkkokj.)

## ALKUSANAT

YK ja OECD kannustavat laajasti jäsenmaitaan ja muita globaalin talouden osapuolia siirtymään vihreään talouteen. Myös EU on asettanut yhteisön keskeiseksi tavoitteeksi resurssitehokkuuden parantamisen ja vähähiilisen talouden. Samalla kun vähennetään luonnonvarojen ja energian käyttöä, saadaan kustannussäästöjä, parannetaan kilpailukykyä ja työllisyyttä sekä vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä ja muita haitallisia ympäristövaikutuksia.

Euroopan komission (EC) tiedonannossa ”Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa”(KOM (2011) 571) jäsenvaltioita kehoitetaan ryhtymään toimenpiteisiin asetettujen välitavoitteiden saavuttamiseksi vuoteen 2020 mennessä sekä määrittelemään pidemmän aikavälin tavoiteasettelua resurssitehokkuuteen perustuvalle kestäväälle taloudelle vuoteen 2050 mennessä. Tähän liittyen on perustettu virkamiestyöryhmä kansallisen, hallitusohjelman mukaisen materiaalitehokkuusohjelman laatimiseksi. Tämän hankkeen tarkoituksena on tukea materiaalitehokkuusohjelman valmistelua.

Hanke toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen, Oulun yliopiston Thule instituutin ja Motiva Oy:n yhteistyönä. Projektiryhmään kuuluivat erikoistutkijat Sirkka Koskela (hankkeen vetäjä), Tuomas Mattila, Laura Saikku, tutkija Marja-Riitta Korhonen ja professori Jyri Seppälä Suomen ympäristökeskuksesta, tutkimusprofessori Ilmo Mäenpää ja tutkija Marja Suorsa Thule instituutista sekä yksikönpäällikkö Henrik Österlund ja johtava asiantuntija Ilkka Hippinen Motivasta. Projektiryhmän työskentelyyn osallistui ympäristöministeriöstä neuvotteleva virkamies Merja Saarnilehto.

Hanketta varten perustettiin neuvoa-antava työryhmä, jonka jäseniksi kutsuttiin työ- ja elinkeinoministeriöstä ylitarkastaja Erja Fagerlund ja neuvotteleva virkamies Kirsti Vilen, valtiovarainministeriöstä finanssineuvos Outi Honkatukia, maa- ja metsätalousministeriöstä neuvotteleva virkamies Anne Vehviläinen sekä ympäristöministeriöstä neuvotteleva virkamies Taina Nikula. Ryhmän puheenjohtajana toimi neuvotteleva virkamies Merja Saarnilehto.

Kiitämme kaikkia hankkeeseen osallistuneita työpanoksesta ja arvokkaasta palautteesta hankkeen aikana.

Helsingissä 14.8.2013

Hankkeen tekijät



## YHTEENVETO

Tämän työn keskeisinä teemoina olivat resurssitehokkuus ja sen vaikutukset kansantalouden tasolla. Resurssitehokkaan tuotannon saavuttaminen on tärkeä tavoite, sillä sen avulla talous pystyy luomaan enemmän vähemmällä, ts. tuottamaan enemmän lisäarvoa vähemmällä panoksilla, resursseja käytetään kestäväällä tavalla ja niiden ympäristövaikutukset minimoidaan. Resurssitehokkuus kattaa mm. materiaalien ja energian käytön tehostamisen, tuotteiden tai jätteiden kierrätyksen ja uudelleen käytön (KOM (2011) 571).

Työ sisälsi seminaarin ja haastatteluja elinkeinoelämän kanssa, joissa selvitettiin elinkeinoelämän näkemyksiä resurssitehokkuudesta ja sen parantamisen potentiaaleista. Suomen kokonaismateriaalivirtoja ja eri toimialojen materiaalinkäyttöä tarkasteltiin vuoden 2008 aineistosta. Samalla tunnistettiin Suomen kansantalouden resurssien käytön kannalta keskeisimmät toimialat ns. avainsektorit. Materiaalin käytön tulevaisuuden kehitysarviot tehtiin vuodelle 2030 ja yleisen 10 %:n materiaaliressurssien käytön tehostumisen kokonaistaloudellinen vaikutusarviointi vuodelle 2030.

### Yritysten näkemyksiä resurssitehokkuudesta

Elinkeinoelämän piirissä resurssitehokkuuden edistäminen koettiin sekä taloudellisesti että ympäristöllisesti järkeväksi ja hyväksi kaikille osapuolille. Yleisesti oltiin kuitenkin sitä mieltä, että tiedon puute rajoittaa resurssien käytön tehostamista, joten kaiken lähtökohtana tulisi olla sekä tiedon lisääminen toimialan parhaista käytännöistä että yhteistyön lisääminen yli sektorirajojen. Haastattelujen aikaan resurssitehokkuuskäsite ei näkynyt vielä laajasti yritysten strategioissa, vaikka resurssitehokkuuden ylätasoinen keino olivat monissa yrityksissä jo käytössä (mm. elinkaaristen kustannusten tarkastelu, hankintaketjun läpinäkyvyyden parantaminen, muiden toimijoiden informointi omista säästöpotentiaaleista, yhteistyöverkostojen rakentaminen).

Energiatehokkuudessa yritykset ovat asettaneet tavoitteita jo pitkään. Energiatehokkuus onkin lähes kaikkien toimialojen tärkeä painopistealue. Monissa yrityksissä on tehty energiakatselmuksia ja -sopimuksia. Energiankulutusta on saatu niiden avulla vähennettyä.

Materiaalitehokkuuden osalta fokus tulisi siirtää yksittäisistä tuotteista palveluverkkoon tai yhdistettyyn tuote/palveluverkkoon, mutta luotettavaa tuotetietoakin koko arvoketjun osalta edelleen tarvitaan. Teollisen ekologian perusperiaatteen – ”toisen jäte on toisen raaka-aine” - toteuttaminen niin laajasti kuin mahdollista tulee edistää. Jo nyt sivutuotteet ja jätteiden kierrätys on lisännyt materiaalitehokkuutta.

Resurssitehokkuus on laaja käsite, joka tarvitsee edistykseen erilaisia ohjauskeinoja ja muita kannustetoimia eri toimialoille sekä lisäksi kulutukseen kohdistuvia toimia. Useita eritason indikaattoreita tulisi kehittää.

Haastatteluissa kysyttiin myös arvioita toimialan resurssitehokkuuden parantamisen potentiaaleista. Makrotasolla arvioiminen koettiin vaikeaksi. Yleisellä tasolla arveltiin, että tehostamispotentiaali voisi olla muutaman prosentin luokkaa tai jopa 10 -20 % joillakin toimialoilla. Yritystasolla tehostamisen hyödyt voivat olla rahassa mitattuna vieläkin suuremmat.

## Suomen materiaalivirrat vuonna 2008

Kokonaistalouden materiaalivirrat on jaettu kolmeen pääryhmään: kotimaisten luonnonvarojen ottoon, materiaalien tuontiin ja materiaalien vientiin. Tässä selvityksessä materiaalivirtojen pääasiallisena indikaattorina on raaka-aineiden käyttö ja siitä johdettu raaka-aineiden kulutus (RMC), joissa kotimaisten luonnonvarojen käytetyn oton lisäksi myös tuonti ja vienti on laskettu luonnonvaroina. Suomen raaka-ainekäytön tase vuonna 2008 voidaan esittää seuraavasti:

Raaka-ainekäytön tase (Mt)	
Kotimainen käytetty otto	183
+ Tuonnin käytetty otto	+207
Raaka-aineiden käyttö	390
- Viennin raaka-ainekäyttö	-181
Raaka-aineiden kulutus	209

Tulokset osoittavat, että Suomen talouden raaka-ainekäytöstä yli puolet, 53 %, tulee tuonnista ja hieman alle puolet, 46 %, menee vientiin. Suomen tuonnin suurimpia materiaalityyppejä ovat metallimalmit ja fossiiliset polttoaineet. Viennin suurin materiaalityyppi on puuhun perustuvat tuotteet, joiden osuus viennin raaka-ainekäytöstä oli lähes neljännes.. Kotimaiseen käyttöön eniten luonnonvaroja (hiekkaa ja soraa) käytettiin rakentamisessa, joko suoraan tai rakennustuotteiden kautta.

## Avainsektorit

Suomen merkittävimmät toimialat resurssien käytön kannalta tunnistettiin indikaattoreiden avulla, jotka olivat raaka-aineiden kokonaiskulutus ja tuontiöljyn käyttö; elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt sekä sosioekonomisista vaikutuksista arvonlisä ja työllisyys Suomessa. Avainsektoreiksi valittiin ne toimialat, joiden vaikutus oli kymmenen suurimman toimialan joukossa vuonna 2008. Vuonna 2008 raaka-aineiden kokonaiskäytöltään avainsektoreita olivat *rakentamiseen, metalli- ja metsäteollisuuteen sekä öljynjalostukseen* liittyvät toimialat. Talonrakentaminen oli avainsektori kaikilla tarkastelluilla indikaattoreilla. Kiinteistöala (asuntojen hallinta ja vuokraus) oli avainsektori kaikilta muilta paitsi työllisyysvaikutuksiltaan. Nämä sektorit tuottivat myös suurimmat kotimaiset arvonlisäykset. Massa- ja paperiteollisuuden elinkaariset materiaali- ja kasvihuonekaasuvaikutukset olivat kansantaloudellisesti merkittävät, mutta sosioekonomiset vaikutukset (arvonlisä ja työllisyys) pienempiä kuin monilla muilla



toimialoilla. Myös kaivos- ja metalliteollisuuden toimialoilla oli korkea materiaali-intensiteetti. Palveluilla oli alhaisimmat materiaali-intensiteetit.

Maa- ja vesirakentaminen, maa-aineksen otto ja värimetallien tuotanto olivat erittäin materiaali-intensiivisiä, ts. raaka-aineiden kokonaiskulutus suhteessa arvonlisään oli suuri. Nämä alat eivät kuitenkaan olleet merkittävimpiä sektoreita tarkasteltaessa elinkaarisia kasvihuonekaasupäästöjä suhteessa arvonlisään. Kasvihuonekaasuintensivisyys korostui seuraavilla toimialoilla: lämmön tuotanto, öljynjalostus, sähkön tuotanto, siirto ja jakelu sekä kotieläintalous.

Tuonnin suuri osuus materiaalien kulutuksesta korostuu massa- ja paperiteollisuudessa, värimetallien valmistuksessa, raudan, teräksen ja rautaseosten valmistuksessa sekä sähkön tuotannossa. Yksi etenkin betoninvalmistuksen sekä maa- ja vesirakentamisen tärkeä tekijä materiaalikulutuksen kannalta on maa-aineksen otto. Kiinteistötoimialan tärkeä tekijä puolestaan on sähkön ja lämmön tuotanto. Talonrakentamisen merkittävimmät tekijät materiaalikulutuksen kannalta löytyvät betonituotteista ja sahatavaran valmistuksesta.

Suurimmat elinkaariset KHK-päästöt syntyvät toimialoilla, jotka liittyvät *energiantuotantoon, kiinteistötoimintaan, öljynjalostukseen, metsä- ja metalliteollisuuteen ja rakentamiseen*. Näillä aloilla energiatehokkuuden parantaminen vähentää olennaisesti myös elinkaarisia kasvihuonekaasupäästöjä.

Tehokkain tapa vähentää luonnonvarojen käyttöä on vähentää prosesseihin sisään meneviä panoksia ja lisätä suljettuja materiaalikiertoja, varsinkin avainsektoreilla.

Materiaalin suora vähentäminen ei pelkästään riitä resurssitehokkuuden saavuttamiseen, tarvitaan muitakin resurssitehokkuutta tukevia toimenpiteitä. Niukka-resurssisen talouden toteuttaminen vaatii merkittäviä ja radikaalejakin muutoksia yhteiskunnassa ja ihmisten ajattelussa. Yhteiskunnan monimutkaisuuden ja talouden moninaisuuden vuoksi hyvin erityyppisiä toimenpiteitä tarvitaan muutoksen saavuttamiseksi liittyen mm. lainsäädäntöön, tuotesuunnitteluun, materiaalien kierrättämiseen ja kulutustottumuksiin. Toisin sanoen tulevaisuudessa siirtyminen niukka-resurssiseen talouteen tarvitsee tuekseen merkittäviä muutoksia, enemmän innovaatioita, poliittista tukea ja toimia kaikilla yhteiskunnan tasoilla.

## Materiaalikäytön kehitysarvio vuonna 2030

ENVIMAT<sup>scen</sup> mallilla tehtiin skenaario Suomen talouden kehityksestä vuoteen 2030, joka noudattaa Työ- ja elinkeinoministeriön Kansallisen energia- ja ilmastostrategian perusskenaariota (TEM 2012) talouden toimialarakenteen kehityksen ja energiajärjestelmän osalta.

Perusskenaariossa Suomen bruttokansantuote kasvaa vuodesta 2008 vuoteen 2030 keskimäärin 1,4 %/v, mikä vastaa 1,8 %/v kasvua vuodesta 2010. Skenaariossa kansantalouden energian loppukäytön ominaiskulutus (GWh/BKT) supistuu 22 % ja uusiutuvan energian osuus kohoaa 30 prosentista 42 prosenttiin. Materiaalienkäytön tehostumisessa on oletettu varovaisesti yleinen 5 %:n tavaroiden välituotekäytön panoskertoimien supistuminen tuotantotoiminnassa 22 vuoden kuluessa.

Kotimaisten luonnonvarojen otto kasvaa skenaariossa 70 %, kaksi kertaa enemmän kuin bruttokansantuote. Kasvusta kaksi kolmasosaa johtuu metallimalmien louhinnan kasvusta. Metsäteollisuuden tuotanto ei juurikaan kasva, mutta kotimaisen ainespuun hakkuista lisää tuontipuun osuuden supistuminen. Energiantuotannossa turpeesta siirrytään metsähakkeeseen.

Tuonnin materiaalikäyttö yhteensä pysyy lähes vuoden 2008 tasolla. Energiatehokkuuden paraneminen ja uusiutuvan energian osuuden kasvu johtavat fossiilisten polttoaineiden tuonnin supistumiseen. Metallirikasteiden suora tuonti kasvaa hieman, mutta tuonnin raaka-ainekäyttö supistuu puoleen. Tämä johtuu siitä, että teräksen jalostuksessa vuonna 2008 oli jo tuotannon notkahdus ja tuotannon oletetaan palaavan. Sen sijaan Suomen uudet metallikaivokset korvaavat ensisijassa nikkelin ja myös kuparin tuontia, joissa välillinen raaka-ainekäyttö on korkea.

Viennin suora materiaalipanous kasvaa yhteensä vain noin 10 %, mutta viennin raaka-ainekäyttö kasvaa 60 %. Erityisen voimakkaasti kasvaa metallirikasteiden välillinen raaka-ainekäyttö. Tämä johtuu suurelta osin uusista kultakaivoksista, joiden hyvin puhtaaksi rikastettu kulta menee vientiin. Massa- ja paperituotteiden viennin on oletettu supistuvan viidenneksen vuoden 2008 tasosta.

Vuodesta 2008 vuoteen 2030 Suomen väestö kasvaa 10 % ja BKT 35 %. Samanaikaisesti materiaalien suora kulutus kasvaa 45 % ja raaka-aineiden kulutus 14 %. Suora materiaalien kulutus henkeä kohti kasvaa siten 45 %, mutta raaka-aineiden kulutus henkeä kohti vain 4 %. Materiaalituottavuus eli bruttokansantuote materiaalien suora kulutusta kohti laskee 15 %. Raaka-ainetuottavuus sen sijaan kohoaa 18 %.

	2008	2030	%-muutos
Väkiluku, 1000 henkeä	5 313	5 850	10
Bruttokansantuote (BKT) Mrd € 2008 hinnoin	186	251	35
Materiaalien suora kulutus (DMC), Mt	208	331	59
Raaka-aineiden kulutus (RMC), Mt	209	239	14
Materiaalien suora kulutus henkeä kohti, t/henk	39	57	45
Raaka-aineiden kulutus henkeä kohti, t/henk	39	41	4
Materiaalituottavuus (BKT/DMC), €/t	894	758	-15
Raaka-ainetuottavuus (BKT/RMC), €/t	889	1 051	18

## Materiaalitehokkuuden tehostamisen vaikutukset

Materiaalitehokkuuden vaikutusten tarkastelussa keskityttiin tuotantotoiminnan materiaalikäyttöön. ENVIMAT<sup>scen</sup>-mallissa tuotteet voidaan jakaa tavaroihin, energia- tuotteisiin ja palveluihin. Materiaalitehokkuus voidaan mitata tavaroiden käyttönä toimialan tuotosyksikköä kohti.

Kaikilla tuotantotoimialoilla tapahtuvan 10 %:n materiaalitehostumisen kokonaistaloudellisia vaikutuksia tarkasteltiin eri tehostamiskustannusten tasoilla, jotka operationalisoidaan takaisinmaksuajan (0-15v) käsitteellä. Kun takaisinmaksuaika on 0 vuotta eli tehostuminen on ilmaista, bruttokansantuote nousee 10 %. Rebound efektin vuoksi myös raaka-aineiden kulutus kasvaa 2,5 %. Tehostamisinvestointien 3 v takaisinmaksuajalla bruttokansantuote kasvaa 7,6 prosenttia ja raaka-aineiden kulutus supistuu 1,3 %. Tehostamisinvestoinnit ovat kokonaistaloudellisesti kannattavia aina 10 vuoden takaisinmaksu aikaan asti, jonka jälkeen talouskasvu hidastuu perusskenaariosta. Kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla bruttokansantuote kasvaa 1,9 %, mutta raaka-aineiden kulutus supistuu 10,1 %.

## EXECUTIVE SUMMARY

The key themes of this project included resource efficiency and its effects at the level of the national economy. Achievement of resource-efficient production is an important objective, since it allows an economy to create more with less, in other words, to produce higher value added with less input, to use resources in a sustainable manner and to minimise their environmental impacts. Resource efficiency covers issues such as enhancement of the use of materials and energy, and the recycling and reuse of products or waste (EU Commission (2011) 571).

The project included a seminar and interviews with the business sector, examining business sector views on resource efficiency and the potential for its improvement. Finland's overall material flows and material consumption in various sectors were examined using data from 2008. At the same time, key sectors were identified with a view to the use of resources within the Finnish national economy. Future development assessments of material consumption were performed for the year 2030 and an overall economic impact assessment was conducted, assuming a general 10% improvement in the use of material resources by 2030.

### Corporate views on resource efficiency

Within the business sector, promotion of resource efficiency was considered both economically and environmentally sensible and beneficial to all stakeholders. However, the general opinion was that lack of information restricts the extent to which resource use can be enhanced. The general starting point should therefore lie in both increasing information on best practices within the sector and increasing collaboration across sectoral boundaries. At the time the interviews were performed, the concept of resource efficiency was not generally evident in corporate strategies, although the upper-level means of resource efficiency were already in use in several companies (e.g. consideration of life-cycle costs, improvement of transparency in procurement chains, dissemination of information on own savings potential to other actors, and establishment of co-operation networks).

In terms of energy efficiency, companies have been setting their own targets for some time. Accordingly, energy efficiency is an important priority in almost all sectors. Several companies have drawn up energy audits and agreements, which have helped to reduce energy consumption.

As regards material efficiency, the focus should be shifted from individual products to the service network or a combined product/service network, but reliable product information concerning the entire value chain is also still needed. The most extensive possible implementation of the basic principle of industrial ecology – ‘one man’s waste is another man’s resource’ – should be promoted. By-products and recycling of waste have already increased material efficiency.

Resource efficiency is a broad concept. Progress in the field of resource efficiency will require a range of steering methods and other incentives in various sectors, as well as measures targeting consumption. Several indicators should be developed at various levels.

The interviewees were also asked to assess the potential for improvements in resource efficiency in their particular sector. At macro level, such an estimate was considered difficult. On the other hand, at the general level it was estimated that the potential for improvement could be around a few per cent or, in certain sectors, as high as 10–20%. At company level, in monetary terms improvements could bring even greater benefits.

## Material flows in Finland in 2008

The material flows of the overall national economy were divided into three main categories: extraction of domestic natural resources, import of materials, and export of materials. In this study, the main indicator material flow indicator is the use of resources and raw material consumption (RMC) derived from that, where, in addition to the extraction of domestic natural resources used, imports and exports are viewed as natural resources. The balance of Finnish raw material consumption in 2008 can be presented as follows:

Balance of raw material consumption (Mt)	
Domestic extraction used	183
+ Imported extraction used	+207
Raw material consumption	390
- Raw material consumption of exports	-181
Raw material consumption	209

The results show that more than half of Finnish raw material consumption, 53%, is based on imports and slightly less than one half, 46%, is exported. The largest material groups imported to Finland include metallic minerals and fossil fuels. The largest material groups exported from Finland are wood-based products, which account for almost one quarter of raw material consumption in exports. In domestic use, the largest amount of natural resources (sand and gravel) was used in the construction business, either directly or through building products.

## Key sectors

Key sectors with a view to resources used were identified with the help of indicators, including overall raw material consumption and the use of imported oil; lifecycle greenhouse gas emissions; and, among socio-economic effects, value added and employment in Finland. The top ten sectors with the greatest effects in 2008 were identified as key sectors. In 2008, key sectors in terms of overall raw material consumption were those associated with *construction, metal and forestry industry and oil refining*. Housing construction was a key sector according to all of the indicators studied. The real estate sector (housing management and leasing) was a key sector based on all indicators except its impact on employment. These sectors also generated the highest domestic value added. The pulp and paper industry had significant lifecycle material and greenhouse gas effects on the national economy, but its socio-economic effects (value added and employment) were smaller than in other sectors. High material intensity was also associated with the mining and metal industry sectors. The services sector had the lowest material intensity figures.

Earthworks and hydraulic construction, extraction of soil resources and production of non-ferrous metals were highly material intensive, which means that their overall consumption of raw materials was high in relation to value added. However, these sectors were not among the most significant when the amount of lifecycle greenhouse gas emissions in relation to value added was examined. Greenhouse gas intensity was emphasised in the following sectors: heat production; oil refining; power production, transfer and distribution; and the livestock industry.

The large share of imports in material consumption becomes emphasised in the pulp and paper industry, production of non-ferrous metals, production of iron, steel and iron alloys, and power production. Soil extraction is an important factor in terms of material consumption in concrete manufacturing and earthworks and hydraulic construction. In the real estate sector, on the other hand, power and heat production is an important factor. In terms of material consumption, the key factors in housing construction are found in concrete products and the manufacture of sawn timber.

The largest greenhouse gas emissions are generated by sectors associated with *energy production, real estate operations, oil refining, forestry and metal industry and construction*. In these sectors, improvement of energy efficiency also substantially reduces lifecycle greenhouse gas emissions.

The most effective way of reducing consumption of natural resources is to reduce the inputs entering processes and to increase closed material cycles, particularly in key sectors.

While direct reduction of material use alone is insufficient to the achievement of resource efficiency, other measures supporting resource efficiency are also needed. Implementation of a low resource economy requires significant and even somewhat radical changes in society and thinking. Due to societal complexity and economic diversity, very different types of measures will be needed to achieve such changes, relating to issues such as legislation, product design, recycling of materials and consumption habits. In other words, a future shift to a resource-poor economy must be backed up by significant changes, more innovations, political support and measures at all levels of society.

## Development assessment of material consumption in 2030

A scenario on the development of the Finnish economy by 2030 was drawn up based on the ENVIMAT<sup>scen</sup> model, which is compliant with the Ministry of Employment and the Economy's basic scenario included in the National Long-Term Climate and Energy Strategy (MEE 2012) regarding the development of the sectoral structure of the economy and the energy system.

Under this basic scenario, Finnish gross national product will increase by an average of 1.4% per year from 2008 to 2030, which corresponds to annual growth of 1.8% from 2010. Specific final energy consumption (GWh/GDP) will reduce by 22% and the share of renewable energy will increase from 30% to 42%. As regards improved material consumption, a conservative assumption of a general fall of 5% in the input coefficients of intermediate product consumption was applied to productive activity stretching over 22 years.

Excavation of domestic natural resources will grow by 70% under this scenario: almost twice as much as gross national product. The increase in the excavation of metallic minerals accounts for two thirds of the growth. While there will be hardly any growth in forestry industry production, the decrease in the share of imported timber will lead to an increase in the harvesting of domestic roundwood. In energy production, there will be a shift from peat to forest chips.

The total material consumption of imports will remain at almost the 2008 level. Improvement of energy efficiency and the increased share of renewable energy will lead to reduced imports of fossil fuels. Direct imports of metal concentrates will grow slightly, but consumption of imported raw materials will fall by one half. This derives from the fact that steel refining decreased as early as 2008, with production expected to recover to its earlier level. On the other hand, the new metal mines in Finland will primarily replace imports of nickel and copper, in whose case indirect raw material consumption is also high.

In total, the direct material input of exports will not grow by more than 10%, but raw material consumption of exports will grow by 60%. There will be particularly strong growth in indirect raw material consumption of metal concentrates. The reason for this lies largely in the new gold mines, whose highly refined very pure gold is being exported. Export of pulp and paper products is expected to fall by one fifth from the 2008 level.

From 2008 to 2030, the Finnish population will grow by 10% and the GDP by 35%. At the same time, direct material consumption will grow by 45% and raw material consumption by 14%. Direct material consumption per capita will therefore increase by 45%, but raw material consumption per capita by no more than 4%. Material productivity or gross national product per direct material consumption will drop by 15%. Raw material productivity, on the other hand, will increase by 18%.

	2008	2030	change in %
Population, 1,000 people	5 313	5 850	10
Gross national product (GDP), in billion euros at 2008 price level	186	251	35
Direct material consumption (DMC), Mt	208	331	59
Raw material consumption (RMC), Mt	209	239	14
Direct material consumption per capita, t/person	39	57	45
Direct raw material consumption per capita, t/person	39	41	4
Material productivity (GDP/DMC), €/t	894	758	-15
Raw material productivity (GDP/RMC), €/t	889	1 051	18

## The effects of improved material efficiency

When examining the effects of improved material efficiency, the focus was on material consumption in productive activities. Using the ENVIMAT<sup>scen</sup> model, products can be divided into goods, energy products and services. Material efficiency can be measured in terms of the use of goods per output unit within the sector.

The overall economic effects of the 10% improvement in material efficiency taking place in all productive sectors were studied at various levels of improvement costs, operationalised based on the concept of return on investment period (0-15 yr). Based on a return on investment period of 0 years, which means that improvement bears no costs, gross domestic product will increase by 10%. Due to the rebound effect, raw material consumption will also increase by 2.5%. If the return on investment period is 3 years, gross domestic product will increase by 7.6% and the raw material consumption will reduce by 1.3%. From the perspective of overall economic impact, improvement investments are profitable until the return on investment period is 10 years or less, after which economic growth slows down compared to the basic scenario. With a return on investment period of 10 years, gross domestic product increases by 1.9%, but raw material consumption falls by 10.1%.





## SISÄLLYS

<b>Alkusanat</b> .....	3
<b>Yhteenveto</b> .....	5
<b>Executive Summary</b> .....	9
<b>I Johdanto</b> .....	17
1.1 Taustaa .....	17
1.2 Resurssitehokkuuden määritelmiä ja indikaattoreita.....	18
1.3 Työn tavoitteet.....	19
<b>2 Työn toteutus</b> .....	20
2.1 Elinkeinoelämän näkemysten kartoittaminen .....	20
2.2 Suomen materiaalivirtojen laskenta ja avainsektorien tunnistaminen ENVIMAT-mallilla.....	21
2.3 Resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutusarviointi kansantalouden tasolla vuoteen 2030 .....	22
<b>3 Toimialojen näkemyksiä resurssitehokkuudesta</b> .....	23
3.1 Seminaarin tuloksia.....	23
3.2 Haastattelujen tuloksia.....	24
<b>4 Suomen materiaalivirrat vuonna 2008</b> .....	30
<b>5 Avainsektorit</b> .....	36
5.1 Keskeisimmät toimialat indikaattoreiden näkökulmasta.....	36
5.2 Toimialojen materiaali- ja kasvihuonekaasuintensiteetit .....	40
5.3 Avainsektoreiden suurimmat materiaalipanokset.....	42
5.4 Elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt .....	44
5.5 Yhteenveto avainsektoritarkastelusta .....	45
<b>6 Suomen talouden materiaalikäytön kehitysarvio vuoteen 2030</b> .....	48
<b>7 Materiaalitehostumisen kokonaistaloudelliset vaikutukset</b> .....	53
<b>Lähteet</b> .....	54
<b>Liite: Julkaisussa mainittujen toimialojen kuvaukset</b> .....	55
<b>Kuvailulehti</b> .....	57
<b>Presentationsblad</b> .....	58
<b>Documentation page</b> .....	59



# 1 Johdanto

## 1.1

### Taustaa

Materiaalien tuotanto ja prosessointi aiheuttaa monenlaisia ympäristövaikutuksia. Samalla kun tuotannossa vähennetään luonnonvarojen ja energian käyttöä, saadaan kustannussäästöjä, parannetaan kilpailukykyä ja työllisyyttä sekä vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä ja muita haitallisia ympäristövaikutuksia. Euroopan Unioni on nähnyt resurssitehokkuuden parantamiseen ja vähähiiliseen talouteen perustuvan vihreän talouden yhteisön keskeisenä tavoitteena. Euroopan komission (EC) tiedonannossa *Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa* (KOM (2011) 571) jäsenvaltioita kehoitetaan ryhtymään toimenpiteisiin asetettujen välitavoitteiden saavuttamiseksi vuoteen 2020 mennessä sekä määrittelemään pidemmän aikavälin tavoiteasettelua resurssitehokkuuteen perustuvalle kestäväälle taloudelle vuoteen 2050 mennessä.

Materiaalitehokkuutta (resurssitehokkuutta) voi parantaa monin eri tavoin: tuotteiden kestävyyttä parantamalla, tuotteita uudelleen muokkaamalla, komponenttien uudelleen käytöllä sekä suunnittelemalla vähemmän materiaaleja vaativia tuotteita (Allwood ym. 2011). EU:n resurssitehokkuustiekartassa ehdotetaan monia resurssitehokkuutta parantavia toimia. Näitä ovat esimerkiksi tuotteiden elinkaarien ympäristövaikutusten arvioinnin kehittäminen, ekosuunnitteludirektiivin mukaisten vaatimusten asettaminen, kierrätystä ja uudelleenkäyttöä tehostavien toimenpiteiden käyttöönotto sekä innovaatiokumppanuuksien kehittäminen.

Teknisesti toteuttamiskelpoisetkin materiaalitehokkuuden edistämistoimet voivat kohdata taloudellisia, hallinnollisia ja sosiaalisia esteitä (Allwood ym. 2011). Sosiaaliset esteet materiaalitehokkuudelle liittyvät mm. kulttuurisiin normeihin ja asenteisiin. Materiaalin kulutuksen vähentämisen esteenä on usein myös itse elinkeinoelämän rakenne, joka perustuu jatkuvaan materiaaliseen tuotantoon. Taloudellisina esteinä voidaan pitää myös materiaalien alhaisia hintoja suhteessa työvoimaan sekä materiaalitehokkuusinvestointien viivästyminen olemassa olevien teknologioiden pitkien käyttöaikojen vuoksi. Materiaaleihin liittyvät haitalliset ympäristövaikutukset eivät näy materiaalien hinnoissa, jos näkyisivät, materiaalien hinnat olisivat korkeammalla ja sen seurauksena myös niiden käyttö vähenisi (Allwood ym. 2011). Takaisinkytkentä-ilmion (nk. rebound-effect) mukaan materiaalien vähentämisestä seuraava mahdollinen hintojen lasku tarkoittaisi kuluttajien käytettävissä olevan varallisuuden kasvua, joka todennäköisesti ohjautuisi uuteen kulutukseen. (esim. Söderhom & Tilton 2012, Allwood ym. 2011, Madlener & Alcott 2009). Poliittisten keinojen käyttöönotto materiaalitehokkuuden parantamiseksi ja kokonaisvaikutusten huomioimiseksi riippuu mm. keinojen hyväksyttävyydestä. Materiaalitehokkuuden

taloudelliset hyödyt ovat vielä monin paikoin epäselviä, ja joidenkin politiikkatoimenpiteiden ohjausvaikutuskaan ei ole toivottu.

Politiikkatoimenpiteiden, kuten verojen ja standardien, tulisi Söderholmin ja Tiltonin (2012) mukaan kannustaa yrityksiä kehittämään erilaisia kustannustehokkaita materiaalitehokkuuden keinoja. Julkista ohjausta ei tulisi kohdentaa tiettyihin erillisiin teknologioihin. Julkinen ohjaus voi olla tarpeen markkinoiden tiedon lisäämisen vuoksi: esimerkiksi ympäristömerkkijärjestelmien ja laatustandardien avulla voidaan informoida kuluttajia ja ohjata kuluttajakäyttäytymistä sekä kannustaa myös tuottajia parantamaan tuotteiden laatua. Patenttien ja tutkimustoiminnan tukeminen puolestaan kannustaa innovaatioiden kehittämiseen (Söderholm & Tilton 2012).

## 1.2

### Resurssitehokkuuden määritelmiä ja indikaattoreita

Resurssitehokkuudelle (resource efficiency) ei ole vielä vakiintunutta määritelmää. Perusajatus on kuitenkin, että maapallon rajoitettuja luonnonvaroja käytetään kestäväällä tavalla. Euroopan komission mukaan (KOM (2011) 571) resurssitehokkuus määritellään seuraavasti:

*Resurssitehokkuuden avulla talous pystyy luomaan enemmän vähemmällä, ts. tuottamaan enemmän lisäarvoa vähemmällä panoksilla. Resursseja käytetään kestäväällä tavalla ja niiden ympäristövaikutukset minimoidaan. Resurssitehokkuus kattaa mm. materiaalien ja energian käytön tehostamisen, tuotteiden tai jätteiden kierrätyksen ja uudelleen käytön.*

Tavoitteena on saavuttaa taloudellisen kasvun irtikytkentä resurssien käytöstä eli ns. absoluuttinen irtikytkentä. Euroopan komission mukaan resurssitehokas kehitys edellyttää, että kaikki luonnonvarannot, joita EU hyödyntää tai joille se perustaa maailmanlaajuiset tarvehankintansa, turvataan ja niitä hoidetaan kestävästi. Määritelmän mukaan resurssitehokkuus käsittää sekä materiaali- että energiatehokkuuden. Laajan tulkinnan mukaan resurssitehokkuus sisältää materiaali- ja energiatehokkuuden lisäksi myös mm. ilman, veden, maan ja maaperän käytön (KOM (2011) 571).

Materiaalitehokkuus (material efficiency) on: *”kilpailukykyisten tuotteiden ja palvelujen aikaansaamista pienenevin materiaalipanoksien siten, että haitalliset vaikutukset vähenevät elinkaaren aikana. Materiaalitehokkuus sisältää kaikki muutokset, jotka liittyvät pienenevään materiaalien tuottamiseen ja prosessointiin yhden taloudellisen yksikön tuottamisessa, tai laajemmalti inhimillisten tarpeiden täyttämiseksi”* (Motiva 2013, Allwood et al. 2011). Energiatehokkuus puolestaan on tuotteiden ja palveluiden tuottamista entistä pienemmällä energiapanoksilla. Suomessa esimerkiksi teknologiateollisuus on määritellyt resurssitehokkuuden raaka-aineiden ja muiden resurssien tehokkaaksi käytöksi mahdollistaen resurssitehokkaan kulutuksen ja resurssien palautumisen (ml. energiahyödyntäminen).

Kun painotetaan talouden suorituskykyä suhteessa luonnonvaroihin kohdistuvaan paineeseen, käytetään resurssituottavuuden (Resource productivity) indikaattoria. Resurssituottavuus kuvaa taloudellisen tuloksen ja materiaali- tai resurssisyötteitä kuvaavien fyysisten indikaattoreiden suhdetta ts. €/kg. OECD:n (2008) mukaan resurssituottavuus kuvaa talouden tai tuotantoprosessien luonnonvarojen käytön tehokkuutta. Resurssituottavuuden käsitteellä voidaan kuvata tuotosten taloudellista arvoa suhteessa luonnonvarapanoksiin, mutta myös pelkästään teknistä (luonnonvarojen tuotos suhteessa luonnonvarapanoksiin) tai taloudellista tehokkuutta (taloudellista tuotosta suhteessa taloudellisiin panoksiin). Resurssituottavuuden käsitteellä ei voida kuvata absoluuttista irtikytkentää. Toinen paljon käytetty indikaattori on materiaali-intensiteetti (kg/€). Tilastokeskuksen mukaan *materiaali-intensiteetti kuvaa kansantalouden riippuvuutta luonnonvaroista ja mitataan luonnonvarojen kokonaiskäytön tai suorien pa-*

*nosten suhteena kansantuotteeseen. Materiaali-intensiteetin laskiessa eli riippuvuuden vähetessä saadaan 'vähemmästä enemmän'.*

Syksyllä 2012 Euroopan komissio antoi ehdotuksensa uusiksi resurssitehokkuus-indikaattoreiksi ulkopuolisten tahojen arviointia varten. Ehdotuksessa indikaattorit jaetaan kolmelle eri tasolle. Ensimmäisen tason resurssitehokkuuden johtavaksi indikaattoriksi on esitetty BKT:n suhdetta kotimaiseen materiaalien kulutukseen (englanninkielisin termein GDP/DMC). DMC:tä (Domestic Material Consumption) on paljon kritisoitu, koska se ottaa tuonnin ja viennin huomioon vain suorina panoksina ilman ns. piilovirtoja. Tällöin maa, joka käyttää vientituotteisiinsa paljon kotimaisia luonnonvarojaan, kärsii laskelmissa. Toisaalta maa, jolla ei ole alkutuotantoa ja joka tuo maahan paljon jalostettuja tuotteita, hyötyy laskelmissa. Makrotasolla kansantalouden suoraa materiaalien kulutusta kuvaava DMC-indikaattori on tavoiteindikaattorina harhaanjohtava – erityisesti se suosii kotimaisten luonnonvarojen käytön korvaamista puolijalosteiden tuonnilla eli luonnonvarojen käytön ja perusteollisuuden ulkoistamista, vaikka ulkoistaminen merkitsisi materiaalitehokkuuden heikentymistä globaalitasolla. DMC-indikaattorin heikkoudet korostuvat Suomessa meneillään olevan kaivosbuumin vaikutuksissa. DMC:n tilalle tarvitaan indikaattori, joka ottaa huomioon tuonnin ja viennin piilovirrat tuotteisiin mukaan. Kokonaisluonnonvarojen käyttö (TMC, Total Material Consumption) tai komission uusi indikaattori RMC (Raw Material Consumption) toimisivat paremmin eri maiden vertailussa.

EU:n ehdottamat toisen tason indikaattorit ns. dashboard indikaattorit (16 kpl) sisältävät tietoa materiaalien käytöstä, energian käytöstä ja ilmastonmuutoksesta sekä veden ja maan käytöstä. Indikaattorit kuvaavat toisaalta massamääriä ja toisaalta ympäristövaikutuksia sekä kotimaassa että koko tuotantoketju huomioon ottaen.

Kolmannen tason indikaattorit ovat teema-spesifisiä indikaattoreita, joilla pyritään seuraamaan politiikkatoimenpiteiden tehokkuutta. Niitä olisi useita ja ne kattaisivat kaikki temaattiset pääalueet ja niihin liittyvät Tiekartan virstanpylväät. Niitä on esitetty komission ehdotuksessa kaiken kaikkiaan 19 kappaletta.

### 1.3

## Työn tavoitteet

Työn tavoitteina oli

- selvittää elinkeinoelämän näkemyksiä resurssitehokkuudesta; miten resurssitehokkuus näkyy yritysten strategioissa ja mitä toimenpiteitä resurssitehokkuuden parantamiseksi on tehty tai tehdään, ja mitkä ovat sen parantamisen potentiaalit,
- määrittää Suomen materiaalivirrat vuonna 2008; sekä tunnistaa Suomen kansantalouden resurssien käytön kannalta keskeisimmät toimialat ns. avainsektorit,
- esittää materiaalikäytön kehitysarvio ja yleisen 10 %:n materiaaliressurssien käytön tehostumisen kokonaistaloudellinen vaikutusarviointi vuodelle 2030.

## 2 Työn toteutus

### 2.1

#### Elinkeinoelämän näkemysten kartoittaminen

Työn alkuvaiheessa selvitettiin elinkeinoelämän näkemyksiä resurssitehokkuudesta. Vuoropuhelu elinkeinoelämän kanssa aloitettiin yhteistyössä Elinkeinoelämän keskusliiton (EK) kanssa. Resurssitehokkuuden seminaari järjestettiin 26.3.2012. Paikalla oli 35 hallinnon, elinkeinoelämän ja tutkimuksen edustajaa. Seminaarin työmenetelmänä oli jakaa osallistujat ryhmiin keskustelemaan siitä, mistä löytyvät resurssien käytön tehostamisen potentiaalit ja miten siihen liittyvät toimenpiteet saataisiin käytäntöön.

Seminaarin jälkeen järjestettiin kahdenkeskisiä haastattelutilaisuuksia useiden toimialojen edustajien kanssa. Haastatellut etujärjestöt olivat Teknologiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry, Kemianteollisuus ry, Elintarviketeollisuusliitto ry, Rakennusteollisuus RT ry ja yritykset Outokumpu Oyj metalliteollisuuden edustajana, Skanska Oy rakennusyrityksien edustajana, S-ryhmä kaupan edustajana ja öljynjalostaja Neste Oil Oyj (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Haastatellut toimialat ja yritykset

Toimiala	
Elintarviketeollisuus	Elintarviketeollisuusliitto koostuu 23 yhdistyksestä, jotka kattavat lähes koko elintarviketeollisuuden.
Kemianteollisuus	Kemianteollisuus sisältää kumi-, muovi-, painoväri-, ja väriteollisuuden. Myös kasvinsuojelu-, lääke-, bio-, ja teknokemianteollisuus kuuluvat kemianteollisuuden piiriin.
Metsäteollisuus	Metsäteollisuuteen kuuluu mm. paperin, kartongin, massan, sahataran, puulevyjen, biomassan ja biopolttoaineiden tuotanto.
Rakennusteollisuus	Rakennusala voidaan jakaa rakennustuoteteollisuuteen ja rakennusteollisuuteen.
Teknologiateollisuus	Teknologiateollisuuden piiriin kuuluu metallinjalostus (joka on tässä yhteydessä käsitelty erikseen), elektroniikka- ja sähköteollisuus, kone- ja metalliteollisuus, tietotekniikka-ala sekä suunnittelu ja konsultointi.
Yritykset	
Ruostumaton teräs	Outokumpu Oyj
Rakennusliike	Skanska Oy
Tukku ja -vähittäiskauppa	S-ryhmä (koostuu useista yrityksistä)
Öljynjalostus	Neste Oyj

Haastatteluissa keskusteltiin mm. seuraavista aiheista:

- Onko yritysten strategioissa mainittu toimenpiteitä materiaali - tai resurssitehokkuuden edistämiseksi?
- Onko energiatehokkuus sektorin yritysten painopistealueita?
- Mitkä tahot ovat sektorin keskeisiä sidosryhmiä, joilla voisi olla vaikutusta sektorin resurssitehokkuuteen?
- Mitä seuraavista ylätasen keinoista on käytössä yrityksissä?
  - elinkaaristen kustannusten tarkastelu (Total cost of ownership)
  - hankintaketjun läpinäkyvyyden parantaminen
  - muiden toimijoiden informointi omista säästöpotentiaaleista
  - yhteistyöverkostojen rakentaminen
- Mitä alla mainituista materiaalitehokkuuskonsepteista sektorin yrityksillä on käytössä?
  - jätteiden energiakäyttö
  - kierrätysmateriaalien käyttö raaka-aineena
  - sivutuotteiden käyttö prosessien välillä
  - tuotteiden keruu käytön jälkeen
  - uusien materiaalien käyttö
- Mitä keinoja voisi toteuttaa ilman merkittäviä investointeja 5 -10 vuodessa?
- Mitä indikaattoreita on jo käytössä yrityksissä resurssitehokkuuden arvioimiseen?
- Mikä olisi toimialan resurssitehokkuuspotentiaali lähitulevaisuudessa?

## 2.2

### **Suomen materiaalivirtojen laskenta ja avainsektorien tunnistaminen ENVIMAT-mallilla**

ENVIMAT-malli, ympäristölaajennettu panos-tuotosmalli, sisältää Suomen talouden 150 toimialan monetaarisen panos-tuotosmallin, jossa toimialojen välisiin rahavirtoihin on yhdistetty kotimaan luonnosta otetut materiaalipanokset, kotimaiset kasvihuonekaasupäästöt sekä muut päästöt ilmaan ja veteen. Lisäksi malli sisältää tuontituotteiden tuotannossa ulkomailla käytetyt materiaalipanokset (suorat ja välilliset) ja päästöt. ENVIMAT-mallin tuloksia vuosille 2002 ja 2005 on esitetty julkaisussa "Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla" (Seppälä ym. 2009). Julkaisun ilmestymisen jälkeen ENVIMAT-malli on päivitetty vuoden 2008 tiedoilla. Päivitetyllä mallilla voitiin arvioida luonnonvarojen käytön ohella ympäristö-, työllisyys- ja arvonlisäykset Suomen kansantaloudessa vuonna 2008 sekä suora ja välillinen luonnonvarojen kulutus.

ENVIMAT-mallin vuoden 2008 tulosten avulla kartoitettiin ne Suomen toimialat, jotka aiheuttivat suurimmat vaikutukset edellä mainituista näkökulmista arvioituina (luonnonvarat, ympäristö, työllisyys, arvonlisäys), kun otettiin huomioon toimialan kaikki vaikutukset - suorat ja välilliset. Avainsektoreiksi valittiin kymmenen eniten resursseja käyttävää toimialaa.

Resurssien käytön osalta arvioitiin raaka-aineiden kokonaiskulutus ja öljyn kulutus. Raaka-aineiden kokonaiskäyttö (*RMR, Raw Material Requirement*) sisältää taloudessa käytetyn kotimaisen luonnonvarojen kulutuksen sekä tuonnin ja viennin. Raaka-aineiden kokonaiskäyttö sisältää suorat materiaalipanokset sekä niihin liittyvät välilliset raaka-aineipanokset. Öljyn kulutus valittiin mukaan esimerkkinä kriittisistä resurssista. Tässä huomioitiin ainoastaan suora tuontiöljyn tuonti, tuontituotteiden elinkaareen sisältyvää öljyä, esim. tuontirahtipalveluiden kuluttamaa polttoainetta, ei huomioitu.

Materiaalien tuotanto ja prosessointi on energiantensiivistä ja energian tuotannon suurimpia ympäristövaikutuksia ovat suuret kasvihuonekaasupäästöt. Esimerkkinä ympäristövaikutuksista tarkasteltiin kasvihuonekaasupäästöjä, joista laskelmissa on mukana hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O).

Avainsektoreita analysoitiin tarkastelemalla toimialojen raaka-aineiden kokonaiskäyttöä ja kasvihuonekaasupäästöjä suhteessa toimialojen arvonlisäykseen ja työllisyyteen. Lisäksi tarkasteltiin avainsektoreiden merkittäviä solmukohtia tarkastelemalla RMR:n ja KHK-päästöjen kokonaisvuo-diagrammeja, joiden avulla havainnollistettiin välillisten panosten käyttöä sekä sektoreiden tuotoksiin liittyvien vaikutusten käyttöä muilla sektoreilla. Osa toimialoista on aggregoitu Tilastokeskuksen TOL2008 luokituksen mukaan. Liitteessä on esitetty julkaisussa mainittujen toimialojen kuvaukset.

### 2.3

## **Resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutusarviointi kansantalouden tasolla vuoteen 2030**

Hankkeessa arvioitiin Suomen materiaalikulutuksen kehitystä ENVIMAT<sup>scen</sup> mallin avulla vuoteen 2030. Simulointimallilla voidaan tuottaa Suomen talouden pitkän ajan kehitysskenaarioita ja analysoida yksittäisten muutosten tai politiikkatoimien pitkän ajan talous- ja ympäristövaikutuksia. Mallilla tuotettiin talouskasvun perusura, jossa resurssitehokkuuden kehityksen osalta on oletettu vain keskeisten trendien jatkuminen, ja materiaalitehostumisen skenaario, johon tuotiin mukaan oletus 5 %:n tavaroiden välituotekäytön panoskertoimien supistuminen tuotantotoiminnassa. Kaikilla tuotantotoimialoilla tapahtuvan 10 %:n materiaalitehostumisen kokonaistaloudellisia vaikutuksia tarkasteltiin eri tehostamiskustannusten tasoilla, jotka operationalisoidaan takaisinmaksuajan (0-15v.) käsitteellä.



## 3 Toimialojen näkemyksiä resurssitehokkuudesta

### 3.1

#### Seminaarin tuloksia

Elinkeinoelämän keskusliiton ja SYKEN yhdessä järjestämässä resurssitehokkuusseminaarissa käytiin monipuolinen keskustelu resurssitehokkuuteen liittyvistä asioista. Työryhmien teemoina olivat: eri sektoreiden resurssitehokkuuspotentiaalit, yhteistyömahdollisuudet sektoreiden välillä, fiksummat tuotteet ja kierrätys. Resurssitehostumisen potentiaalikysymystä käsiteltiin hyvin yleisellä tasolla ja huomion arvoista oli, että kaikissa ryhmissä keskustelua käytiin yli teemarajojen.

#### Yhteenveto seminaarin keskusteluista

- Talous- ja kilpailukyvyn parantaminen ympäristövaikutuksia vähentäen on tärkeä periaate elinkeinoelämän piirissä. Resurssitehokkuuden potentiaaleja tulisi tunnistaa ottamalla huomioon ympäristövaikutusten lisäksi talouteen liittyvät tekijät mm. investointisyklit ja takaisinmaksuajat. Yleisesti oltiin sitä mieltä, että pienistä teoista voi muodostua kannattava kokonaisuus. Kokonaiskuvan hahmottaminen on erityisen tärkeää, siksi tuotteen koko arvoketju tulisi huomioida. Resurssitehokkuuden edistäminen koettiin sekä taloudellisesti että ympäristöllisesti järkeväksi ja hyväksi kaikille osapuolille. Ns. älykkäät, kuluttajia ohjaavat tuotteet voivat merkittävästi lisätä resurssitehokkuutta, mutta toisaalta tuotteisiin ei kaivata turhia ominaisuuksia.
- Tiedon puute rajoittaa resurssien käytön tehostamista, joten kaiken lähtökohdana tulisi olla sekä tiedon lisääminen toimialan parhaista käytännöistä että yhteistyön lisääminen yli sektorirajojen. Tiedon lisäämisen keinoiksi ehdotettiin ns. materiaalitietopankin kehittämistä ja benchmarkkausta. Fokus tulisi siirtää yksittäisistä tuotteista palveluverkkoon tai yhdistettyyn tuote/palveluverkkoon, mutta luotettavaa tuotetietoakin koko arvoketjun osalta edelleen tarvitaan.
- Teollisen ekologian peruseräpäätteen – ”toisen jäte on toisen raaka-aine” - toteuttaminen niin laajasti kuin mahdollista tulee edistää. Tuotannosta syntyy edelleen käyttökelpoista, hyödyntämätöntä materiaalia. Niiden parempi kierrätys ja hyötykäyttö lisäävät resurssitehokkuutta. Tämä edellyttää kuitenkin jätehuoltosektorille uudenlaisia toimintatapoja ja käytännön huomioivaa jätelainsäädäntöä. Tehokkuustoimet eivät kuitenkaan onnistu pelkästään lainsäädännön keinoin. Investointimahdollisuuksia tulisi lisätä ja innovaatioiden kehittämistä tukea.
- Resurssitehokkuus on laaja käsite, joka tarvitsee edistykseen erilaisia ohjauskeinoja ja muita kannustetoimia eri toimialoille sekä lisäksi kulutukseen kohdistuvia toimia. Muutos uskotaan saavutettavan myönteisen informaatio-ohjauksen kautta, jossa myös kannustimilla (”porkkanoilla”) olisi oma paikkansa. Keskusteluissa esille nousivat myös uuden lainsäädännön samoin kuin verohelpotusten tarpeellisuus ja tuottajavastuun mahdollinen lisääminen.

## Haastattelujen tuloksia

Seminaarin jälkeen järjestettyjen haastattelutilaisuuksien johtopäätökset voidaan vetää yhteen seuraavasti:

### Resurssitehokkuuskäsite ei näy laajasti yritysten strategioissa

Toimialojen edustajien haastatteluissa tuli selvästi esille se, että resurssitehokkuuden käsite on monille toimialoille vielä vieras tai epäselvä. Elinkeinoelämän piirissä resurssitehokkuus mielletään yltason käsitteeksi, joka pitää sisällään kaikkien luonnonvarojen - niin materiaalien kuin ilman, veden ja kallioperänkin - käytön. Joissakin yrityksissä työvoima, tietotaito jne. sisältyvät resurssitehokkuuskäsitteeseen. Yleinen näkemys oli, että resurssitehokkuus jakautuu sekä materiaali- että energiatehokkuuteen.

Materiaalitehokkuuden todettiin olevan prosessilähtöinen tarkastelutapa, jossa tehokkuuden parantamisen keinoina ovat materiaalisyytöiden määrän vähentäminen ja jätteiden kierrätys tai uudelleenkäyttö. Energiatehokkuuteen liittyy energiankäytön vähentäminen/tehostaminen tai siirtyminen toisenlaisiin energiantuotantotapoihin vähentäen samalla haitallisia ympäristövaikutuksia. Energiatehokkuus ei kohdistu ainoastaan tuotannon energiatoimien parantamiseen, sillä joillakin aloilla tuotteen käyttövaiheen energiatehokkuuden parantaminen on etusijalla.

Isoissa yrityksissä resurssitehokkuutta on kuitenkin tavalla tai toisella käsitelty niin strategioissa kuin toimissakin, vaikkakaan ei aina resurssitehokkuuden nimellä. Suurissa konserneissa on konsernitasoisia resurssitehokkuustavoitteita, mutta yksittäisten tehtaiden tavoitteiden saavutuksista ei aina saada tietoja. Tavoitteet voivat olla numeerisia tai ne voivat sisältyä toimintaperiaatteisiin.

Yrityksillä on luonnollisesti erilaisia näkökulmia resurssitehokkuuteen niiden toiminnan erilaisuudesta johtuen. Vaikka varsinaisia resurssitehokkuuden tavoitteita ei löydy yritysten strategioista niin energia- ja materiaalitehokkuuden tavoitteita löytyy useilta toimialoilta (Taulukko 2). Esimerkiksi rakennusalan strategioissa on mukana materiaali- ja energiatehokkuus. Varsinkin energia on rakennusosalalla tärkeä, sillä se liittyy asuntojen käyttökustannuksiin, lainsäädäntöön ja kiinteistöjen arvoon. Työmaatasolla materiaalitehokkuudelle on tavoitteita mm. jätteen hyötykäytön ja jätteen synnyn ehkäisyn osalta.

Haastattelujen perusteella voidaan vetää sellainen johtopäätös, että resurssitehokkuus ei vielä näy laajasti yritysten strategioissa. Resurssitehokkuus-ajattelutapa on kuitenkin noussut keskusteluun yritysten sisällä ja näkyy todennäköisesti myös strategioissa myöhemmin.

### Resurssitehokkuuden yltason keinot jo käytössä

Joitakin resurssitehokkuuteen liittyviä yhteisiä periaatteita ja toimia on jo käytössä eri toimialoilla Suomessa. Haastatteluissa keskusteltiin näistä vain yleisellä tasolla. Resurssitehokkuuden parantamisen makrotason keinoja ovat mm. elinkaaristen kustannusten tarkastelu, hankintaketjun läpinäkyvyyden parantaminen, muiden toimijoiden informointi omista säästöpotentiaaleista ja yhteistyöverkostojen rakentaminen. Kaikki nämä keinot olivat tuttuja ja enemmän tai vähemmän käytössä haastatelluilla toimialoilla. Niiden käyttöä yrityksissä tulisi kuitenkin lisätä.

## Energiatehokkuudessa tavoitteita on asetettu

Energiatehokkuus on kaikkien toimialojen tärkeä painopistealue. Monissa yrityksissä on tehty energiakatselmuksia ja -sopimuksia. Energiankulutusta on saatu niiden avulla vähennettyä. Esimerkiksi Outokumpu Oyj:ssä energiatehokkuus on ollut pitkään yrityksen painopistealueita ja prosessien energiankäyttöä optimoidaan jatkuvasti. Tornion tehdas toimii vertailutehtaana (benchmark) kansainvälisen konsernin muille tehtaille. Energiatehokkuus on metsäteollisuusyritystenkin painopistealueita. Sen piiriin lasketaan myös kuljetukset sekä veden käytön vähentäminen, joka tuo energiasäästöjä.

Teknolוגiateollisuuden tuotteissa merkittävään rooliin nousee kuitenkin koneiden ja laitteiden käyttövaihe, jossa energiankulutuksen vähentäminen vaikuttaa ratkaisevalla tavalla energiatehokkuuteen.

Kaupanalalla energian käyttö (lämpö, sähkö) ja jätteiden käsittely ovat painopistealueita. Tukkukaupassa myös kuljetuksilla on suuri rooli. Kaupan resurssitehokkuuteen vaikuttaa Suomen harva asukastiheys, sillä pitkät välimatkat lisäävät kuljetusten määrää. Myymälöiden energiatehokkuutta voidaan vähentää esim. tarkastamalla laitteiden säädöt ja vähentämällä valaistusta, silloin kun sitä ei tarvita.

Tulevaisuudessa myös ympäristöluokitellut talot ja nollaenergiatalot yleistyvät. Olennaista energian käytön kannalta on se miten energia tuotetaan, ja tulevaisuudessa hajautettu energiantuotanto tulee lisääntymään.

## Sivutuotteet ja jätteiden kierrätys lisännyt materiaalitehokkuutta

Materiaalikatselemusten tarpeellisuus ymmärrettiin useilla sektoreilla. Katselemusten jälkeen investoinnitkin olisivat mahdollisia. Toisaalta useat toimialat uskoivat, että ilman suuria investointejakin materiaalisäästöjä voidaan saavuttaa mm. toimintatapamuutoksilla. Raaka-aineiden hukkaa voisi pienentää minimoimalla häiriöitä valmistuksessa sekä laitteiden vuotoja, ts. panostamalla prosessien optimointiin. Enemmän on kuitenkin kiinnitetty huomiota jätehuoltoon ja materiaalien kierrätykseen. Osasyynä tähän on jätelainsäädännön kiristyminen ja kaatopaikkamaksut. Haastattelujen mukaan lainsäädäntö voi olla joissakin tapauksissa liian tiukka ja olla jopa jätteiden kierrätyksen esteenä. Alla on esitetty joitakin esimerkkejä haastateltujen toimialojen käytännöistä.

- Käyttökelpoisia sivutuotteita - jotka menevät muun teollisuuden käyttöön - syntyy useilla toimialoilla, esim. elintarviketeollisuudessa sivutuotteita menee kosmetiikkateollisuuteen ja rehuteollisuuteen. Jätteistä ei ole elintarviketeollisuuden piirissä tarkkaa tietoa. Läpinäkyvyyden kannalta jäljitettävyyks on liian tärkeää, ja seurantarjestelmät ovat haastattelun mukaan rakenteilla joissakin yrityksissä. Uusi kaatopaikkajätelaki muuttaa elintarvikesektorin jätteiden käsittelyä, jolloin on mahdollista, että enemmän jätettä menee polttoon. Pakkauskeruuvaihe ja uusien materiaalien käyttö pakkauspuolella voisi sopia materiaalitehokkuuden parantamiseen.
- Kemianteollisuus poikkeaa monista muista teollisuuden aloista, koska kaatopaikkajätettä ei kemianteollisuudessa muodostu, vaan jätteet menevät suurimmaksi osaksi energiahyödyntämiseen. Kemianteollisuudessa ei ole kovinkaan paljon kiinnitetty huomiota materiaalikulutukseen, sillä suurin osa tuotteista menee muiden teollisuusalojen käyttöön. Uusia materiaaleja pyritään kuitenkin löytämään, ja toisaalta kierrätykseen tulee kiinnittää erikoista huomiota (esim. muoviteollisuudessa kierrätetään).
- Metsäteollisuudessa materiaalitehokkuutta on lisätty ottamalla käyttöön kaikki puun osat, josta syntyy osa metsäteollisuuden sivuvirroista. Ylimääräistä energiaa hyödynnetään paikallisena kaukolämpönä. Lainsäädäntö rajoittaa joidenkin metsäteollisuuden jätteiden kierrätystä, mutta niitä voidaan käyttää kaatopaikkojen rakentamiseen.

- Ruostumattoman teräksen valmistuksen materiaalitehokkuutta lisää raaka-aineiden käytön osalta se, että valmistus on romupohjaista. Materiaalia kulkee paljon tuotannon läpi, mutta sivuvirroista kierrätetään 60–70%. Tulevaisuudessa vanhoja sivuvirtoja voidaan ottaa uudelleen käsittelyyn materiaalihyödyntämisen optimoimiseksi. Energiatehokkuuden ja materiaalitehokkuuden näkökulmasta on etu, että Tornion tehdas ja Kemin ferrokromikaivos sijaitsevat lähelläin. Resurssitehokkuutta lisää myös avolouhoksiin verrattuna se, että toiminta on maanalaista.
- Tulevaisuudessa rakennusallalla tärkeään rooliin nousevat korjausrakentaminen ja rakennusten käyttö, huolto ja ylläpito. Rakennusteollisuudessa materiaali on arvokasta ja osa toimittajista ottaa materiaalihukan takaisin, mm. muovin ja kipsin. Rakennuksia purettaessa yli 90 % materiaalista päätyy hyötykäyttöön.
- Rakennustuoteteollisuutta ohjaavat monet standardit ja laatuvaatimukset. Kaikilla alan yrityksillä ei ole strategioita materiaalitehokkuuden edistämiseksi. Kierrätysraaka-aineiden käyttöä on kuitenkin pyritty lisäämään, esimerkkejä löytyy mm. betoni-, kipsi- ja metalliteollisuudesta.
- Kaupoissa syntyy paljon pakkausjätettä, joiden kierrätys varsinkin eteläisessä Suomessa on hyvin järjestetty. Kaatopaikkajätteen määrä on saatu vähentämään merkittävästi. Orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon voimaantullessa, jätteenpolto saattaa lisääntyä. Pullojärjestelmä lisää materiaalitehokkuutta. Muovipussit on tehty kokonaan tai osittain kierrätysmuovista.

## Useita eritason indikaattoreita kehitettävä

Toimialoilla ei ole vielä käytössä resurssitehokkuutta kuvaavia indikaattoreita. Niistä keskustelu on vasta alullaan. Haastattelujen mukaan mikro- ja makrotasolle tulisi kehittää omat erilliset indikaattorit. Mikrotasolla erilaisten intensiteettiä kuvaavien tunnuslukujen arveltiin olevan hyviä. Indikaattoreiden pitäisi sisältää myös ohjausvaikutusta ja olla helposti ymmärrettäviä koko hankintaketjussa.

## Globaaleissa yrityksissä ympäristökilpailukykyä tulisi arvioida maailmanlaajuisesti

Kun määritellään resurssitehokkuustavoitteita, tuotteiden ympäristökilpailukykyä tulisi arvioida maailmanlaajuisesti. Esimerkiksi ruostumattoman teräksen yksikkötehokkuudet ovat maailman huippua. Toisaalta metsäteollisuudessa painotettiin kotimaisuusnäkökulman tärkeyttä resurssitehokkuuden arvioinnin yhteydessä.

Useilla toimialoilla (erityisesti metsä-, metalli- ja rakennusteollisuuden piirissä) korostettiin Suomen erityisolosuhteita, jotka pitäisi ottaa luonnonvaratehokkuuskeskusteluissa huomioon. Tällaisia erityispiirteitä ovat mm. luonnonvarojen saatavuus, ilmasto-olosuhteet ja pitkät välimatkat. Haastatteluissa nousi esiin myös se, että useilla perinteisillä Suomen suurilla teollisuusaloilla resurssitehokkuutta tuskin voidaan merkittävästi parantaa ilman uuden teknologian läpimurtoa. Sekä metalli- että metsäteollisuudessa on jo tehty paljon toimia resurssitehokkuuden parantamiseksi.

Metalliteollisuuden haastattelussa korostettiin myös kulutusnäkökulmaa, Suomessa valmistetaan metallia noin 50–100 miljoonan ihmisen tarpeisiin. Resurssitehokkuusvuoto (ts. tuotanto siirtyy vähemmän resurssitehokkaihin maihin) EU:n ulkopuolelle voi olla merkittävä metallialalla. Myös tuotannon globaalit hyvinvointivaikutukset tulisi huomioida globaaleissa yrityksissä.

## ICT palvelut voivat vähentää ympäristövaikutuksia tulevaisuudessa

Teknologiaellisuuden yhtenä tärkeänä tavoitteena on edistää ympäristönsuojelua ICT- palveluiden avulla. Ns. älykkäät tuotteet tulevat lisääntymään tulevaisuudessa ja vaikuttaa näin kuluttajien käyttötottumuksiin. Esimerkiksi kaupan alalla kehitellään erilaisia asiakaspalvelun muotoja, jotka voisivat vähentää kaupassakäyntiliikennettä. Nettikauppa on jo nyt lisääntynyt. ICT-teknologialla on todennäköisesti ratkaiseva rooli erimuotoisten asiakaspalveluiden kehittämisessä. Tulevaisuudessa myös rakennuksissa ja asunnoissa käyttäjäkohtainen kulutuksen seuranta todennäköisesti lisääntyy.

## Öljynjalostuksen perusprosessit säilyvät

Suomessa on yksi öljyä jalostava yritys. Öljynjalostus käyttää raaka-aineena öljyä ja tuottaa siitä jalostettuja tuotteita pääasiassa energiakäyttöön. Arvoketjut ovat pitkiä ja hankinnat globaaleja. Öljynjalostus on toimiala, jossa materiaali- ja energiatehokkuus kytkeytyvät paljolti toisiinsa. Materiaalitehokkuus käsitetään haastattelun mukaan materiaalien jalostamisena ja hyödyntämisenä mahdollisimman pitkälle. Mahdollisimman pitkälle jalostettu tuote säästää energiaa käyttövaiheessa, ja olennaista onkin öljyn käytön tehostaminen kulutuspäässä.

Energiatehokkuuteen vaikuttaa laitosten käytettävyys ja prosessien optimointi, seisokit kuluttavat ylimääräistä energiaa. Tavoitteina resurssitehokkuuden kannalta on energiansäästö, sekä tiukoissa määräyksissä pysyminen. Jäähdytyksessä vapautuvan hukkaenergian hyödyntäminen vähentäisi energian kokonaiskulutusta.

Tulevaisuudessa huonolaatuisia öljyä jalostetaan entistä enemmän. Öljynjalostuksen perusprosessit eivät kuitenkaan muutu. Tulevaisuuden tuotevalikoimiin kuuluu enemmän uusiutuvista materiaaleista valmistettuja tuotteita, sekä entistä puhtaammat dieseltuotteet. Polttoainedirektiivit tiukentuvat, jolloin lopputuote on entistä parempi, mutta jalostamalla kuluu enemmän energiaa ja syntyy enemmän jätettä. Autonvalmistuksen muutokset, mm. sähköautot, säätö- ja kontrolliteknologian kehittyminen, vaikuttavat öljynjalostukseen.

Energian käytön suhde jalostusasteeseen on parantunut suhteessa muihin alan toimijoihin, mutta energian kulutus tuotetta kohden on lisääntynyt jalostusasteen kasvaessa.

## Tehostamispotentiaalin arvioimiseen sektoritasolla tulee panostaa

Haastatteluissa kysyttiin arvioita toimialan resurssitehokkuuden parantamisen potentiaaleista. Makrotasolla arvioiminen koettiin vaikeaksi. Yleisellä tasolla arveltiin että tehostamispotentiaali voisi olla muutaman prosentin luokkaa tai jopa 10 -20 % joillakin toimialoilla. Yritystasolla tehostamisen hyödyt voivat olla rahassa mitattuna vieläkin suuremmat.

Saksassa on yli kymmenen vuoden ajalta kokemuksia materiaalikatselmuksista, ja niiden avulla PK- yrityksissä todetuista säästökohteista. Suurimmillaan säästöt suhteessa liikevaihtoon ovat olleet lähes 6% pienissä yrityksissä (2-5 M€/1v) keskiarvon ollessa 2,5 % kaikissa tutkituissa metalliyrityksissä. Saksassa kansallisella tasolla materiaalitehokkuutta edistävä julkisrahoitteinen organisaatio Demea arvioi, että saksalaisilla PK-sektorin tuotantoyrityksillä materiaalikustannusten osuus on keskimäärin 45 %. Ja tästä arvioitu säästöpotentiaali on 20 %. Yhteensä tämä tarkoittaa noin 100 MRD euron vuotuista säästöpotentiaalia koko maan (500 MRD€/vuosi) materiaalikustannuksista. Suomessa katselmustoiminta on vasta alussa, joten toistaiseksi kotimaisissa yrityksissä todetusta säästöpotentiaalista on vähän dokumentoitua tietoa. Yksittäisissä materiaalikatselmuksissa raportoitu vuotuinen säästöpotentiaali on ollut 300 000 -1 milj. euroa.

Mikäli Suomen materiaalinkäytön tehokkuus on verrannollinen Saksaan, niin suomalaisella teollisuudella on n. 7 MRD € säästöpotentiaali hyödyntämättä. (Lähde: Tilastokeskus Oy, Suomen teollinen tuotanto 81 MRD€ v.2010).

Taulukko 2. Toimialojen näkemyksiä resurssitehokkuudesta

Toimiala	Onko resurssi-tehokkuus mainittu yritysten strategioissa?	Onko yrityksissä tehty toimia energia-tehokkuuden parantamiseksi?	Onko yrityksissä tehty toimia materiaali-tehokkuuden parantamiseksi?	Toimialan tärkeimmät sidosryhmät arvoketjuissa	Yritysten käytössä olevat ympäristö-indikaattorit	Resurssi-tehokkuuteen vaikuttavat säästötavoitteet
Teknologia-teollisuus	toimialan yhteisessä strategiassa	energiatehokkuuskatselmukset ja -sopimukset	ekodesign, parhaiten käytäntöjen jako yritysten kesken	saman toimialan yritykset, energiantuottajat, kauppa	materian käyttö, jätteiden määrät, vesi, energia, kierrätys %, perinteiset ympäristöparametrit, tuotekohtaiset LCA:t	ei ole
Metallin jalostus ruostumatonta teräs	kestävyysstrategiassa materiaali-tehokkuus tärkeässä roolissa	energiatehokkuusinvestoinnit, käytön optimointi, energia ja ilmasto-ohjelma	materiaalipanokset optimoitu, ferrokromikuona kierrätetään ja muiden sivuvirtojen ja jätteiden hyötykäytössä tehostamisen varaa	kaivosteollisuus, romun toimittajat, energiantuottajat, konepajateollisuus	energiaindikaattori, vältetyt päästöt, jätteiden määrät, tuotekohtaiset EDP:t, GRI	konsernin tasolla pitkän aikavälin tavoite 0-kaatopaikkajätettä, hiiliprofiilin pienentäminen 20 % ja energiansäästö 5 % vuoteen 2020
Metsäteollisuus	sisältyy vastuullisuusstrategioihin isoilla yrityksillä	energiatehokkuuskatselmukset ja -sopimukset, kuljetusten optimointi, hukkalämpö hyötykäyttöön	puun kaikki en osien hyödyntäminen, yksi materiaalikatselmus tehty, jätteiden energiahyödyntäminen	puunhankintaketju, energiantuottajat, rakennusala, kirjapainot ja kustantamot, kauppa	GRI-indikaattorit isoilla yrityksillä, materiaalin käyttö, jätteiden määrät, vesi, energia, kierrätys %, perinteiset ympäristöparametrit, tuotekohtaiset LCA:t	tavoitteet konsernin tasolla
Kemiateollisuus	ei erikseen mainita, osalla yrityksistä sisältyy kestävä kehityksen strategiaan	keskisuurten yritysten energiatehokkuuskatselmukset ja -sopimukset, Responsible Care-ohjelma	jätteet energiahyötykäyttöön, parhaiten käytäntöjen jako yritysten kesken	useat raaka-ainetoimittajat, energiantuottajat, viranomaiset, useat hyödyntäjätoimialat	ominaiskulutukset, jätemäärät, perinteiset ympäristöparametrit	0-tavoite kaatopaikkajätteelle, energian säästäminen
Elintarviketeollisuus	raaka-aineiden saatavuus ja käytön tehokkuus etusijalla	energiatehokkuuskatselmukset ja -sopimukset	sivutuotteiden hyötykäyttö	raaka-ainetoimittajat, energiantuottajat, pakkausteollisuus, kauppa	energian kulutus, päästöt, jätteet ja jätevedet, pakkausten hyötykäyttö	energiasopimusten piirissä olevilla 9% energiatehokkuuden tavoite vuoteen 2016
Rakennusteollisuus	ei vielä käytössä	energiansäästötoimia rakennustuoteteollisuudessa ja infrassa työ-koneiden käytön optimointia	uudisrakentamisessa ja rakennustuotteiden valmistuksessa sivuvirtojen hyötykäyttö	teräs-, puu- ja kiviainesteollisuus, rakennusurakoitsijat, suunnittelijat	isoilla yrityksillä konsernitason mm. jätteiden hyötykäyttö, hiilijalanjälkilaskentojen määrä, johdon sitoutuminen ja koulutus	ei varsinaisia numeerisia tavoitteita; numeeriset tavoitteet kaatopaikkajätteen maksimiosuudelle
Tukku- ja vähittäiskauppa	sisältyy vastuullisuusraportointiin	laitteiden optimaalinen käyttö säästöjä tarkistamalla toimipaikoilla, lämmönottolaitteita, reaaliaikainen energiankulutuksen valvonta, kuljetusten optimointi	jätteiden kierrätystä tehostettu, ruokahävikin minimoiminen	tavarantoimittajat, energiantuottajat, kuljetusyritykset, rakentaminen, kuluttajat	kaupparyhmät: kierrätystunnusluvut, sähkö, lämpö, vesi, jätteiden määrät, kuljetusten päästöt	S-ryhmä energian käytön vuosittainen 2%:n tehostaminen vuoteen 2015, kaatopaikkajätteen 0-tavoite
Öljynjalostus	ei vielä käytössä	energiatehokkuustavoitteet (TEM) ohjaavat, laitosten käytettävyyden prosessien optimointi, seisokkien minimointi	materiaali- ja energiatehokkuus yhdessä, tuotteiden pidemmälle jalostaminen	raaka-ainetoimittajat, kuljetusyritykset, kuluttajat	päästöt ilmaan	energiansäästö, määräyksissä pysyminen

Taulukko 3. Esimerkkejä yritysten materiaalitehokkuuden keinoista

Toimiala	Jätteiden energiakäyttö	Kierrätys-materiaalin käyttö raaka-aineena	Sivutuotteiden käyttö prosessien välillä	Tuotteiden keruu käytön jälkeen	Uudet materiaalit prosesseissa, materiaalien yhdistäminen uudeksi tuotteeksi	Muut keinot
Teknologia-teollisuus	pakkausjäte	metalliromu	sisäiset kierrot	romunkeräys, tuottajavastuu-järjestelmä osalle tuotteista	älykkäät materiaalit, nanomateriaalit	ekodesign
Metallin-jalostus	---	metalliromu	sisäiset kierrot	romunkeräys	lujateräs	---
Metsä-teollisuus	prosessijätteet (esim. jäteliemet, kuorijäte)	kierrätyspaperi- ja kartonki	integraatti-ajattelu, esim. hake- ja sahanpuru sellun raaka-aineiksi	paperi- ja kartonki	komposiittirakenteet, pakkausmateriaalit, biojalostamot	materiaalitehokkuuskatselmukset keskitasuurille yrityksille, osaamisen ja tiedon lisääminen
Kemian-teollisuus	suurin osa haitallisista jätteistä	muovituotteet, metsäteollisuuden kemikaalit	kasvava alue (riippuu jätelain-säädännöstä)	tuottajavastuu-järjestelmä osalle tuotteista	petrokemian tuotteiden korvaaminen biotuotteilla	ympäristöasioi-den hallintajärjestelmä, materiaalitehokkuuskatselmukset keskitasuurille yrityksille, energiakatselmukset
Elintarvike-teollisuus	prosessijätteet (esim. taikina)	---	muiden toimialojen käyttöön esim. kosmetiikka ja rehuteollisuus	pakkauskeruuvetoite	---	raaka-ainehukan minimointi, materiaalitehokkuuskatselmukset keskitasuurille yrityksille
Rakennus- ja rakennus-tuoteteollisuus	prosessijätteet puutuoteteollisuudessa	esim. kierrätysbetoni, lentotuhkaa ja kuonaa sementtiteollisuudessa, lasia lasivillan valmistuksessa	maa-ainesten käyttö infran rakentamisessa	vähäistä	esim. nanoteknologia	integroitu suunnittelu
Kauppa	pakattu ja pakkaamaton biojäte	---	---	toimipaikkojen yhteydessä toimiva palautuspullojärjestelmä	pakkauspuoli, SER-palautusjärjestelmä, älykkäät pakkaukset	uudet innovaatiot IT:n avulla esim. netti-kauppa
Öljynjalostus	---	sivuvirtojen ja jätteiden käyttö raaka-aineena	ei varsinaisia sivutuotteita, materiaalin jalostaminen mahdollisimman pitkälle	---	uusiutuvat raaka-aineet, huonolaatuiset raaka-aineet	---

## 4 Suomen materiaalivirrat vuonna 2008

Kokonaistalouden materiaalivirrat jaetaan kolmeen pääryhmään: kotimaisten luonnonvarojen otto, materiaalien tuonti ja materiaalien vienti.

Luonnonvarojen otto luonnosta voidaan jakaa edelleen käytettyyn ottoon ja käyttämättömään ottoon. Käytetty otto on se materiaalmäärä, joka jatkojalostetaan tai käytetään suoraan taloudessa. Käytetyn otton pääasialliset ainesryhmät ovat seuraavat:

- viljelykasvien käytetty sato ja käytetty sivubiomassa (oljet)
- luonnosta otettavat keräilytuotteet, luonnoneläimet ja luonnonkala
- aines- ja polttopuu sekä käytetyt hakkuutähteet
- nostettu turve
- louhitut metallimalmit ja muiden mineraalien hyötykivi
- sora, murske ja muu rakentamisessa käytetty maa-aines

Materiaalien otto mitataan yhteismitallisesti massayksikössä, tonneina. Kansainvälisessä tilastoinnissa on sovittu, että puu ja rehukasvit mitataan 15 % kosteusasteessa.

Käyttämätöntä ottoa ovat luonnonvarojen käyttöönoton yhteydessä siirretyt ja muunnetut luonnonmateriaalien määrät, jotka jätetään kuitenkin luontoon. Näitä ovat viljelykasvien käyttämätön sivubiomassa, puun metsiin jäävät hakkuutähteet, kaivos- ja kaivannaistoiminnan sivukivi sekä rakennustoiminnan hyödyntämätön poistomaa. Tässä työssä käsitellään ainoastaan taloudessa käytettyjä luonnonvaroja.

Kotimaisten luonnonvarojen käytetty otto oli yhteensä 183 miljoonaa tonnia vuonna 2008 (Taulukko 4). Siitä soran ja murskeen osuus oli lähes kaksi kolmasosaa. Maa-, riista- ja kalatalouden otto luonnosta oli 6 % ja käytetyn puun osuus aines- ja energiapuu yhteen laskien 17 %. Turpeen osuus oli 6 %. Metallimalmien ja muiden mineraalien kaivun osuus oli 13 %.

Taulukko 4. Kotimaisten luonnonvarojen käytetty otto vuonna 2008 aineslajeittain tonneina (Mt) ja prosentteina.

Aineslaji	Mt	%
Kasvit, riista ja kala	11,0	6,0
Ainespuu	26,7	14,6
Polttopuu ja hake	5,4	2,9
Turve	5,3	2,9
Metallimalmit	5,4	2,9
Muut mineraalit	16,5	9,0
Sora ja murske	112,5	61,6
Yhteensä	182,8	100,0



Tuonnin ja viennin materiaalien käyttö voidaan jakaa suoriin ja välillisiin ainesmääriin. Tuonnin ja viennin suora materiaalmäärä on tuonti- ja vientituotteiden sisältämä suora ainesmäärä tonneina. Välillinen ainesmäärä saadaan arvioimalla tuotteiden valmistusketjuissa kokonaisuudessaan kulutetut luonnonvarojen käytetyn oton määrät ja vähentämällä niistä tuotteiden suora ainesmäärä. Suorat ainesmäärät saadaan ulkomaankauppatilastosta täydentämällä niitä kotimaisten kuljetusyhtiöiden polttoaine- ja tavaraostoilla ulkomailta sekä matkailupalvelujen viennin ja tuonnin sisältämällä tavaramäärillä.

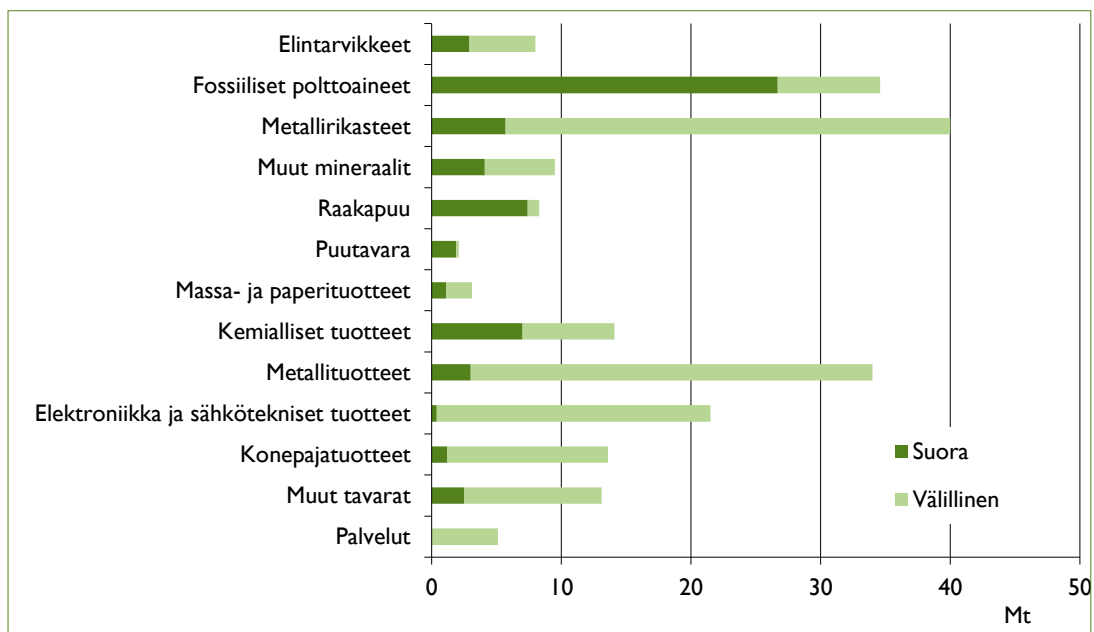
Tuontituotteiden välilliset materiaalmäärät on arvioitu ENVIMAT-malliin tiheällä, noin 500 tuotteen tuotejaolla, pääasiassa kansainvälisten elinkaari-inventaaridatapankkien (Ecoinvent, LCAfood) aineistoista. Lisäksi eri metallien edellyttämän malminlouhinnan määrien arvioinnissa on käytetty ruotsalaisen Raw Materials Groupin maailman kattavan kaivostietokannan tietoja. Suomen vientituotteiden välillinen materiaalikäyttö on arvioitu ENVIMAT-mallilla.

Palvelutuotteet samoin kuin sähkö ovat aineettomia tuotteita, eli niiden suora materiaalmäärä on nolla. Kuitenkin niiden tuottaminen kuluttaa materiaaleja. Palveluiden materiaalikäytölle ei juuri löydy elinkaari-inventaarioita, joten niiden välillinen materiaalikäyttö on arvioitu ENVIMAT-mallilla olettaen, että tuontipalveluiden materiaalikäyttö on samanlainen kuin vastaavien kotimaisten palvelujen.

Suomen suora tuonti oli 64 Mt ja tuonnin välillinen raaka-ainekäyttö 143 Mt vuonna 2008 (Taulukko 5 ja Kuva 1). Siten Suomen tuonnin käyttämä luonnonvarojen otto oli yhteensä 207 Mt eli yli kolminkertainen tuonnin suoraan materiaalmäärään verrattuna.

Taulukko 5. Tuonnin suora materiaalmäärä ja välillinen raaka-ainekäyttö sekä raaka-ainekäyttö yhteensä tuoteryhmittäin vuonna 2008 tonneina (Mt), prosentteina sekä välillisen raaka-ainekäytön suhteena suoraan tuontiin.

Tuoteryhmä	Suora	Välillinen	Yhteensä	%	Välillinen/suora
Elintarvikkeet	2,9	5,1	8,0	3,9	1,8
Fossiiliset polttoaineet	26,7	7,9	34,6	16,7	0,3
Metallirikasteet	5,7	34,3	40,0	19,3	6,0
Muut mineraalit	4,1	5,4	9,6	4,6	1,3
Raakapuu	7,4	0,9	8,3	4,0	0,1
Puutavara	1,9	0,2	2,1	1,0	0,1
Massa- ja paperituotteet	1,1	2,0	3,1	1,5	1,8
Kemialliset tuotteet	7,0	7,1	14,1	6,8	1,0
Metallituotteet	3,0	31,0	34,0	16,4	10,3
Elektroniikka ja sähkötekniset tuotteet	0,4	21,1	21,5	10,4	51,2
Konepajatuotteet	1,2	12,4	13,5	6,5	10,5
Muut tavarat	2,5	10,6	13,1	6,3	4,2
Palvelut	0,0	5,1	5,1	2,5	-
Yhteensä	64,0	143,0	207,0	100,0	2,2



Kuva 1. Tuonnin suora ja välillinen raaka-ainekäyttö tuoteryhmittäin vuonna 2008.

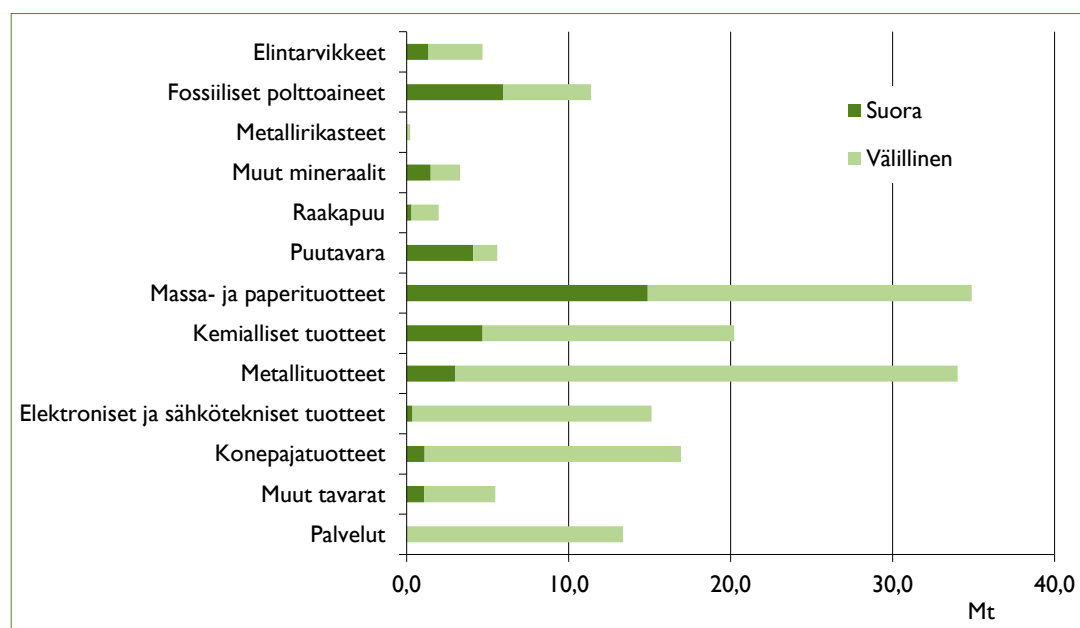
Metallirikasteiden ja metallituotteiden välillisen materiaalikäytön suhde tuotteiden suoraan materiaalmäärään on korkea, 6–10 kertainen. Elektroniikkatuotteilla suhdeluku nousee peräti yli viidenkymmenen. Tämä johtuu osittain elektroniikkatuotteiden sisältämien erikoismetallien pienistä malmipitoisuuksista, mutta erityisesti kemiallisesti äärimmäisen puhtaiden piisirujen tuottamisen vaatimista suurista materiaalmääristä (Williams et al 2002).

Kun suoraan tuontiin lisätään raaka-aineiden välillinen käyttö, metallirikasteet kohoavat tuonnin suurimmaksi materiaalieräksi lähes viidenneksen osuudella. Fossiilisten polttoaineiden, erityisesti raakaöljyn ja maakaasun, välillinen materiaalikäyttö jää verraten vähäiseksi, mutta silti ne muodostavat toiseksi suurimman erän. Elektronisten ja sähkötekniisten tuotteiden suora tuontimäärä jää vähäiseksi, mutta korkea välillinen materiaalikulutus nostaa niiden tuonnin kokonaismateriaalienkäytön neljänneksi suurimmaksi.

Suomen viennin suora materiaalmäärä oli 39 Mt ja välillinen materiaalikäyttö 141 Mt, yhteensä 181 Mt (Taulukko 6 ja Kuva 2). Viennin välillisen materiaalikäytön suhde suoraan vientiin, 3,6, on jonkin verran korkeampi kuin tuonnin suhdeluku, koska erityisesti fossiilisten polttoaineiden osuus viennissä jää verraten vähäiseksi, ja sekin vienti sisältää lähinnä öljyjalosteita, ja öljynjalostuksen energiankulutus lisää välillistä materiaalikulutusta. Viennin materiaalien kokonaiskäytössä metsäsektorin osuus on suurin, 23 %, toiseksi nousee kemialliset tuotteet, 11 % ja kolmanneksi konepajatuotteet, 14 %. Palvelujen viennin materiaalikäytön osuus on runsaat 7 %.

Taulukko 6. Viennin suora materiaalmäärä ja välillinen raaka-ainekäyttö sekä raaka-ainekäyttö yhteensä tuoteryhmittäin vuonna 2008, tonneina (Mt), prosentteina sekä välillisen raaka-ainekäytön suhteena suoraan vientiin.

Tuoteryhmä	Suora	Välillinen	Yhteensä	%	Välillinen/suora
Elintarvikkeet	1,3	3,3	4,7	2,6	2,5
Fossiiliset polttoaineet	6,0	5,4	11,4	6,3	0,9
Metallirikasteet	0,0	0,2	0,2	0,1	10,2
Muut mineraalit	1,5	1,8	3,3	1,8	1,2
Raakapuu	0,3	1,7	2,0	1,1	5,5
Puutavara	4,1	1,5	5,6	3,1	0,4
Massa- ja paperituotteet	14,9	20,0	34,9	19,3	1,3
Kemialliset tuotteet	4,7	15,5	20,2	11,2	3,3
Metallituotteet	7,3	8,8	16,1	8,9	1,2
Elektroniikka ja sähkötekniset tuotteet	0,4	14,7	15,1	8,4	39,5
Konepajatuotteet	1,1	15,8	17,0	9,4	14,2
Muut tavarat	1,1	4,4	5,5	3,0	4,0
Palvelut	0,0	13,4	13,4	7,4	-
Yhteensä	39,2	141,5	180,8	100,0	3,6



Kuva 2. Viennin suora ja välillinen raaka-ainekäyttö tuoteryhmittäin vuonna 2008.

Talouden materiaalivirtojen kokonaisindikaattorit voidaan muodostaa joko suorien materiaalivirtojen taseena tai myös tuonnin ja viennin välillisen raaka-ainekäytön huomioon ottavina taseina (Taulukko 7).

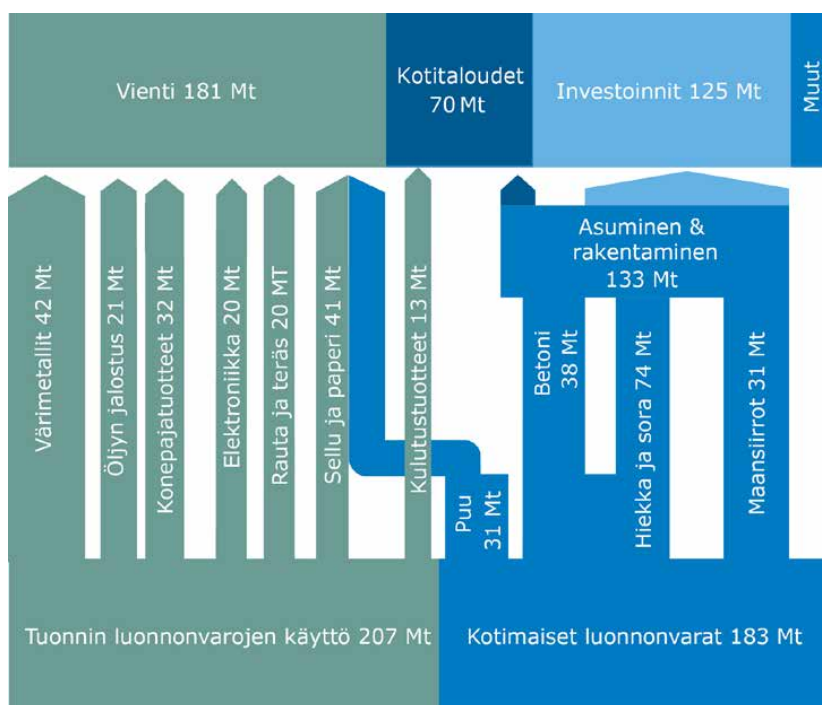
Taulukko 7. Suomen suorien materiaalivirtojen ja raaka-ainekäytön taseet vuonna 2008, miljoonaa tonnia

Suorien materiaalivirtojen tase		Raaka-ainekäytön tase	
Kotimainen käytetty otto (DEU)	183	Kotimainen käytetty otto (DEU)	183
+ Materiaalien suora tuonti (DM)	+64	+ Tuonnin käytetty otto (RMM)	+207
Suora materiaalipanous (DMI)	247	Raaka-aineiden käyttö (RMR)	390
- Materiaalien suora vienti (DX)	-39	- Viennin raaka-ainekäyttö (RMX)	-181
Materiaalien suora kulutus (DMC)	208	Raaka-aineiden kulutus (RMC)	209

Suora materiaalipanous (DMI) ja raaka-aineiden käyttö (RMR) kuvaavat, kuinka paljon materiaalikäyttöä talouden tuotantotoiminta on yhteensä käyttänyt. Siten niitä voidaan kutsua tuotantolähtöisiksi indikaattoreiksi. Materiaalien suora kulutus (DMC) ja Raaka-aineiden kulutus (RMC) mittaavat puolestaan, kuinka paljon talous on itse kuluttanut materiaaleja, joten niitä voidaan kutsua kulutuslähtöisiksi indikaattoreiksi. Kokonaisuudessaan Suomen DMC ja RMC olivat vuonna 2008 lähes yhtä suuret.

Suorien materiaalivirtojen indikaattorien etuna on, että materiaalien suora tuonti ja vienti saadaan suoraan ulkomaankauppatilastoista, kun taas tuonnin ja viennin välilliset raaka-ainekäytöt edellyttävät työläitä estimointimenetelmiä. Sen vuoksi EU:n materiaalivirtatilastoissa on toistaiseksi rajoitettu vain suorien materiaalivirtojen tilastointiin (Eurostat 2012).

Suorien materiaalivirtojen tase sisältää kuitenkin kaksi oleellista harhaa. Ensinnäkin siinä kotimainen käytetty otto mitataan luonnosta otettavina raaka-aineina, mutta tuonti ja vienti mitataan sen sijaan jalostettuina tuotteina. Koska jalostettujen tuotteiden materiaalmäärä sisältää vain osan niiden valmistuksen vaatimasta raaka-ainemäärästä, suorien materiaalivirtojen tase aliarvioi talouden globaalisia luonnonvarojen käytön vaikutuksia suhteessa kotimaisten luonnonvarojen käyttöön. Toiseksi, koska materiaalien suorassa kulutuksessa (DMC) vähennetään vain suora vienti, viennin välillinen materiaalien käyttö jää kotimaan suoran kulutuksen sisään.



Kuva 3. Suomen talouden suurimmat luonnonvaravirrat vuonna 2008 (Koskela et al. 2013).

Kuvassa 3 on esitetty kokonaisvirtadiagrammi Suomen materiaalivirroista. Analyysi osoittaa, että suurin osa Suomen materiaalikulutuksesta aiheutuu vientiteollisuudesta vuonna 2008. Viennin raaka-aine käyttö on 87 % Suomen loppukäyttöön menevästä raaka-aineiden käytöstä, joten luonnonvaroja tuotiin maahan runsaasti (esim. metallimalmeja ja öljyä) ja ne prosessoitiin/jalostettiin erilaisiksi vientituotteiksi. Ainoa merkittävä kotimainen luonnonvara, josta tehdyt tuotteet menevät vientiin, on puu. Kotimaiseen käyttöön eniten luonnonvaroja (hiekkaa ja soraa) käytetään rakentamisessa, joko suoraan tai rakennustuotteiden kautta. Suomen talous näyttää olevan materiaalien läpikulkutalous vuonna 2008, ts. runsaasti ulkomaisia luonnonvaroja (esim. metallimalmeja ja öljyä) jalostetaan vientituotteiksi.

## 5 Avainsektorit

Tässä kappaleessa esitellään Suomen keskeisimmät toimialat viiden eri indikaattorin näkökulmasta. Indikaattorit ovat raaka-aineiden kokonaiskäyttö (RMR), öljyn käyttö, kasvihuonekaasupäästöt (KHK-päästöt), arvonlisäys ja työllisyys. Raaka-aineiden kokonaiskäyttö koostuu kaikista talouden käyttämistä raaka-ainevirroista. Tilastokeskuksen määrittelemänä arvonlisäys tässä yhteydessä tarkoittaa tuotantoon osallistuvan yksikön synnyttämää arvoa. Se lasketaan markkinatuotannossa vähentämällä yksikön tuotoksesta tuotannossa käytetyt välituotteet (tavarat ja palvelut) ja markkinattomassa tuotannossa laskemalla yhteen palkansaajakorvaukset, kiinteän pääoman kuluminen ja mahdolliset tuotannon ja tuonnin verot.

### 5.1

#### **Keskeisimmät toimialat indikaattoreiden näkökulmasta**

Kansantalouden toimialoittaisessa tarkastelussa toimialojen vaikutukset koostuvat elinkaarisista vaikutuksista, jonka vuoksi näin tarkasteltuina toimialojen yhteenlasketut vaikutukset ylittävät moninkertaisesti kansantalouden kokonaisvaikutukset. Syynä tähän on se, että kaikki toimialojen tuotteet eivät ole lopputuotteita vaan osa niistä kulkeutuu välituotteina toisille sektoreille, jolloin syntyy päällekkäistä laskentaa. Kansantalouden toimintaa kokonaisuudessaan voidaan tarkastella ainoastaan lopputuotteiden kautta, jossa välituotteiden aiheuttamat vaikutukset esiintyvät pelkästään lopputuotteen elinkaareissa. Toimialakohtaisen tarkastelun päällekkäisyyden esimerkkeinä voidaan mainita maa-ainesten oton sisältäminen suurimmaksi osaksi rakentamisen toimialaan sekä sähköntuotannon päästöjen sisältäminen lähes kaikkien toimialojen elinkaareen.

Vuonna 2008 raaka-aineiden kokonaiskäytöltään avainsektoreita olivat *rakentamiseen, metalli- ja metsäteollisuuteen sekä öljynjalostukseen* liittyvät toimialat (Taulukko 8). Viimeisenä avainsektorina on kiinteistöala (asuntojen hallinta ja vuokraus), jonka resurssien käyttö on suuruudeltaan noin neljännes talonrakentamisen toimialan resurssien käytöstä.

Taulukko 8. Raaka-aineiden kokonaiskäytöstään (RMR) keskeisimmät toimialat Suomessa vuonna 2008.

Toimiala	Mt RMR
Talonrakentaminen ym.	68,5
Soran, murskeen, hiekan ja saven otto	56,0
Maa- ja vesirakentaminen ym.	52,6
Värimetallien valmistus	42,2
Massan, paperin, kartongin ja pahvin valmistus	41,4
Betoni-, kipsi- ja sementtituotteiden valmistus	37,5
Metsänhoito	32,5
Öljynjalostus	21,0
Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus	20,1
Asuntojen hallinta ja vuokraus	17,4

Öljy on edelleenkin merkittävä fossiilisen energian lähde, siksi sitä voidaan pitää yhtenä indikaattorina kansantalouden luonnonvarojen käytöstä. Suurin osa Suomen kansantalouteen virtaavasta tuontiöljystä kulkee *öljynjalostustoimialan* kautta (Taulukko 9). Liikenteessä, asuntojen lämmityksessä ja jonkin verran myös sähkön tuotannossa käytetään suurin osa öljytuotteista, mutta öljyriippuvuutta ilmenee myös monilla muillakin toimialoilla.

Taulukko 9. Öljyn käytöstään (välitön ja välillinen) suurimmat toimialat Suomessa vuonna 2008.

Toimiala	M€ tuontiöljyä
Öljynjalostus	6 363
Tieliikenteen tavarankuljetus	840
Asuntojen hallinta ja vuokraus	641
Ilmaliikenne	577
Peruskemikaalien valmistus	553
Talonrakentaminen ym.	438

Ilmastomuutosvaikutusluokka eli kasvihuonekaasupäästöt on valittu edustamaan ympäristövaikutuksia. Suurimmat KHK-päästöt syntyvät toimialoilla, jotka liittyvät *energiantuotantoon, kiinteistötoimintaan, öljynjalostukseen, metsä- ja metalliteollisuuteen ja rakentamiseen* (Taulukko 10). Energiantuotannon toimialojen päästöt jakautuvat luonnollisesti kaikkien muiden toimialojen päästöihin.

Taulukko 10. Elinkaarisilta kasvihuonekaasupäästöiltään suurimmat toimialat Suomessa vuonna 2008.

Toimiala	Mt CO <sub>2</sub> e
Sähkön tuotanto, siirto ja jakelu	13,1
Asuntojen hallinta ja vuokraus	12,2
Öljynjalostus	12,0
Massan, paperin, kartongin ja pahvin valmistus	10,7
Kaukolämmön tuotanto	10,0
Talonrakentaminen ym.	9,3
Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus	9,2
Peruskemikaalien valmistus	6,1
Varsinainen kotieläintalous	5,1
Tieliikenteen tavarankuljetus	4,9

Sosioekonomisia indikaattoreita edustavat arvonlisäys ja työllisyys. Molemmat indikaattorit kuvaavat tilannetta Suomessa, koska tietoa ulkomaan osuudesta ei ole saatavilla. Kotimaan elinkaariselä arvonlisäykseltään että työllisyysvaikutuksiltaan merkittävin toimiala on *asuntojen hallinta ja vuokraus sekä talonrakentaminen* (Taulukot 11 ja 12). Muut avainsektorit sosioekonomisilta vaikutuksilta ovat *kaupan, palveluiden, koulutuksen ja elektroniikkateollisuuden* toimialoilla.

Taulukko 11. Arvonlisäykseltään suurimmat toimialat Suomessa vuonna 2008 ts. Suomeen jäänyt BKT-vaikutus koko toimialan arvoketjusta.

Toimiala	M€
Asuntojen hallinta ja vuokraus	19 800
Talonrakentaminen ym.	18 300
Tukkukauppa (pl. autot ym.)	12 000
Julkinen hallinto ym.	11 600
Terveyspalvelut	10 600
Koulutus	9 900
Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)	9 200
Viestintälaitteiden ja viihde-elektroniikan valmistus	9 100

Taulukko 12. Työllisyysvaikutuksiltaan suurimmat toimialat Suomessa vuonna 2008 ts. toimialan kotimainen välitön ja välillinen työllisyysvaikutus.

Toimiala	htv
Talonrakentaminen ym.	288 000
Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)	217 000
Terveyspalvelut	212 000
Julkinen hallinto ym.	198 000
Sosiaalipalvelut	196 000
Koulutus	193 000
Tukkukauppa (pl. autot ym.)	172 000

Talonrakentaminen on avainsektori kaikilla tarkastelluilla indikaattoreilla mitattuna (Taulukko 13). Rakennusteollisuuteen tiiviisti liittyvä kiinteistöala (asuntojen hallinta ja vuokraus) on avainsektori kaikilta muilta paitsi työllisyysvaikutuksiltaan. Massa- ja paperiteollisuuden elinkaariset materiaali- ja kasvihuonekaasuvaikutukset ovat kansantaloudellisesti merkittävät, mutta sosioekonomiset vaikutukset ovat pienempiä kuin monilla muilla toimialoilla.

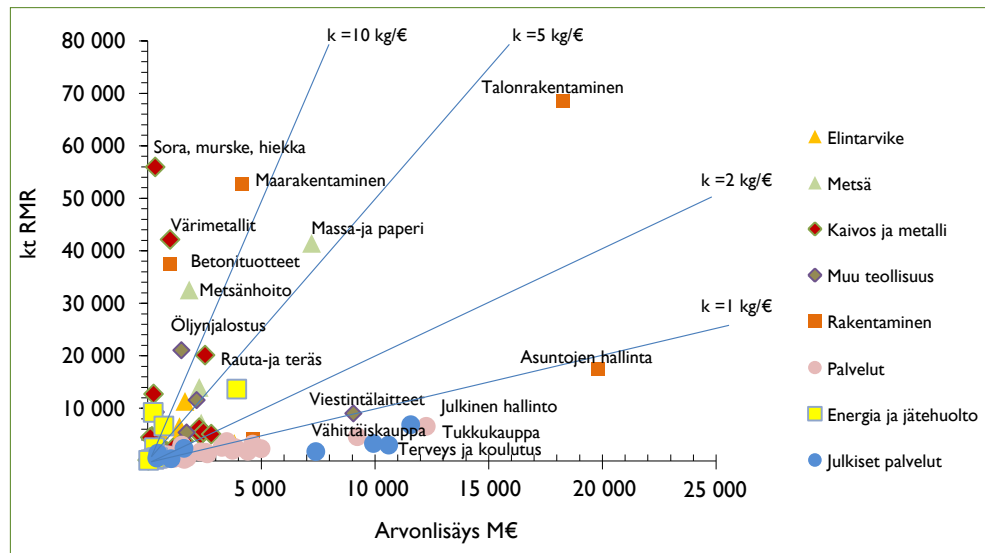


Taulukko 13. Toimialat, jotka ovat avainsektoreita ainakin yhden indikaattorin suhteen. Tässä työssä valitut avainsektorit on **korostettu**. Indeksi on suhteutettu tietyn indikaattorin merkittävimmän toimialan mukaan: merkittävin toimiala = 1,0.

	RMR	Öljy	KHK	Arvonlisä	Työll.
Talonrakentaminen ym.	<b>1,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
Asuntojen hallinta ja vuokraus	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>
Massan, paperin, kartongin ja pahvin valm.	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
Öljynjalostus	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>
Tukku kauppa (pl. autot ym.)	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>
Sähkön tuotanto, siirto ja jakelu	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>
Julkinen hallinto ym.	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>
Metsänhoito	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>
Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>
Terveyspalvelut	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>
Maa- ja vesirakentaminen ym.	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
Koulutus	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>
Sosiaalipalvelut	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>
Viestintälaitteiden ja viihde-elektroniikan valm.	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>
Varsinainen kotieläintalous	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>
Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus	<b>0,3</b>	<b>0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Tieliikenteen tavarankuljetus	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>
Peruskemikaalien valmistus	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Värimetallien valmistus	<b>0,6</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>
Soran, murskeen, hiekan ja saven otto	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Kaukolämmön tuotanto	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Betoni-, kipsi- ja sementtituotteiden valm.	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Ilmaliikenne	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
Puu-, korkki-, olki- ja punontatuott. valmistus	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>

## Toimialojen materiaali- ja kasvihuonekaasu-intensiteetit

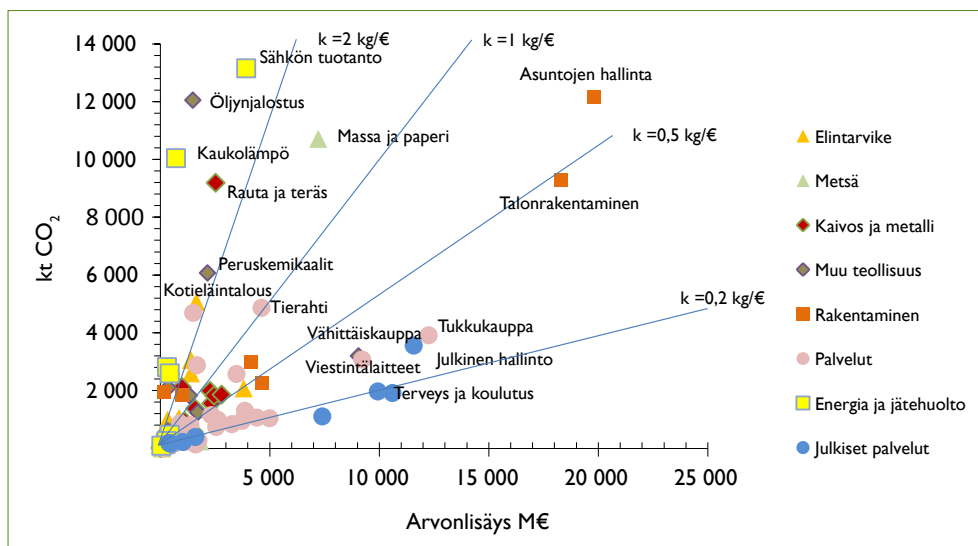
Toimialojen raaka-aineiden kokonaiskäyttö suhteutettuna toimialojen arvonlisäykseen on esitetty graafisesti kuvassa 4. Kulmakertoimet kuvaavat materiaali-intensiteettiä (kg/€). Toimialan materiaali-intensiteetti liittyy vahvasti siihen, edustaako toimiala alkutuotantoa vai käyttääkö se ensimmäisinä ostoinaan runsaasti alkutuotannon panoksia. Alkutuotannon toimialojen tuotannosta (ml. energiantuotanto) suurin osa menee muiden toimialojen käyttöön, ja esimerkiksi massa- ja paperiteollisuuden luonnonvarojen kokonaiskäyttöön sisältyy panoksia metsänhoidosta. Koska tarkastelu perustuu kullakin toimialalla elinkaarisiin vaikutuksiin, samat vaikutukset näkyvät usealla eri toimialalla. Avainsektoreista kaivos- ja metalliteollisuuden toimialoilla on korkea materiaali-intensiteetti, palveluilla alhainen.



Kuva 4. Toimialojen arvonlisäys ja raaka-aineiden kokonaiskulutus vuonna 2008. Kulmakertoimet (k) havainnollistavat toimialojen materiaali-intensiteettiä. Vaikutukset ovat elinkaarisia, eli suorien vaikutusten lisäksi huomioidaan panoksiin liittyvät vaikutukset muilta toimialoilta. Toimialojen kokonaisvaikutuksia ei voida summata yhteen.

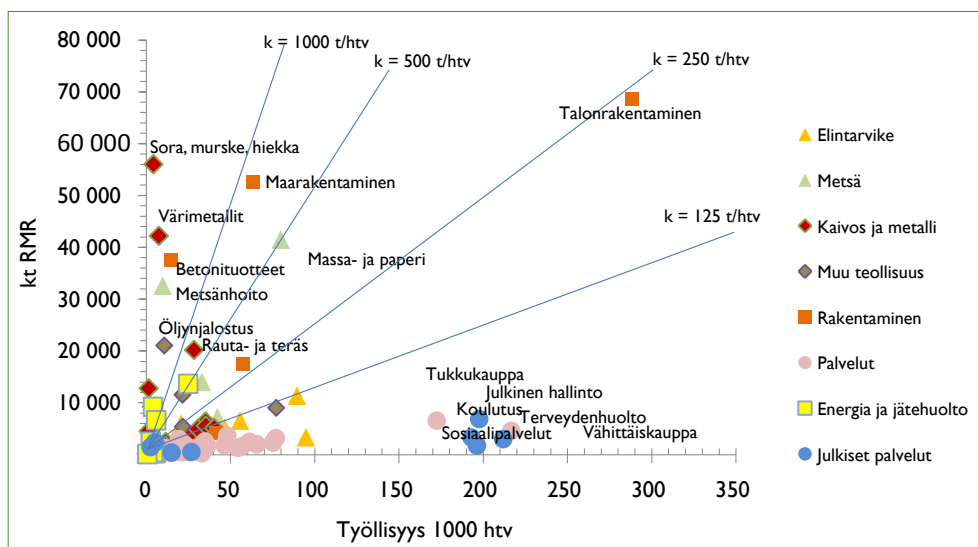
Suurimmat arvonlisäykset löytyvät talonrakentamisen ja kiinteistöalan toimialoilta, joista talonrakentaminen käyttää myös runsaasti luonnonvaroja (hiekkaa, soraa ja maa-massoja). Materiaali-intensiteetit ovat siis korkeita, varsinkin maarakentamisessa. Massa- ja paperiteollisuus synnyttää Suomessa enemmän arvonlisäystä kuin metalliteollisuus tai öljynjalostus, mutta niiden materiaali-intensiteetit ovat korkeampia kuin massa- ja paperiteollisuuden.

Toimialojen kasvihuonekaasupäästöt suhteutettuna toimialojen arvonlisäykseen on esitetty graafisesti kuvassa 5. Suurimmat päästöintensiteetit kohdistuvat mm. energiantuotantoon, öljynjalostukseen ja terästeollisuuteen. Kiinteistöalalla ja talonrakentamisessa arvonlisäyksen ansiosta päästöintensiteetti jää alhaisemmaksi kuin muilla edellä mainituilla aloilla.

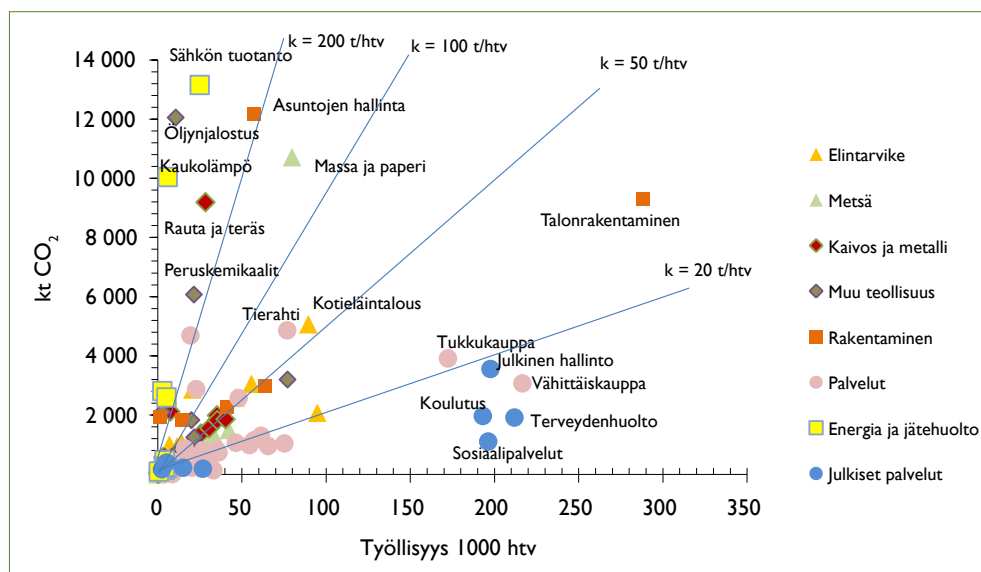


Kuva 5. Toimialojen arvonlisäys ja elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2008. Kulmakertoimet (k) havainnollistavat toimialojen kasvihuonekaasupäästöjen intensiteettiä. Vaikutukset ovat elinkaarisia, eli suorien vaikutusten lisäksi huomioidaan panoksiin liittyvät vaikutukset muilta toimialoilta. Toimialojen kokonaisvaikutuksia ei voida summata yhteen.

Toimialojen resurssien käyttö suhteutettuna toimialojen työllisyyteen on esitetty graafisesti kuvassa 6. Talonrakentaminen, palvelut ja kauppa ovat Suomen työvaltaisimmat toimialat. Teollisuuden toimialat käyttävät paljon resursseja suhteessa työvoimaan. Kuvassa 7 on kuvattu työllisyyden ja kasvihuonekaasupäästöjen suhdetta, jolloin energiantensiivisten toimialojen päästöt suhteessa työvoimaan nousevat korkeiksi.



Kuva 6. Toimialojen työllisyys ja raaka-aineiden kokonaiskäyttö vuonna 2008. Kulmakertoimet (k) havainnollistavat toimialojen työvoimankäytön suhdetta resurssienkäyttöön. Vaikutukset ovat elinkaarisia, eli suorien vaikutusten lisäksi huomioidaan panoksiin liittyvät vaikutukset muilta toimialoilta. Toimialojen kokonaisvaikutuksia ei voida summata yhteen.



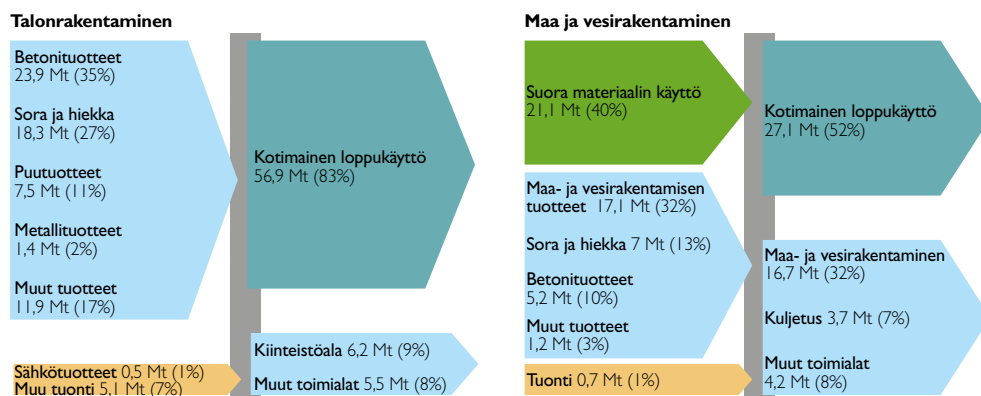
Kuva 7. Toimialojen työllisyys ja kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2008. Kulmakertoimet (k) havainnollistavat toimialojen kasvihuonekaasupäästöjen suhdetta työvoiman käyttöön. Vaikutukset ovat elinkaarisia, eli suorien vaikutusten lisäksi huomioidaan panoksiin liittyvät vaikutukset muilta toimialoilta. Toimialojen kokonaisvaikutuksia ei voida summata yhteen.

### 5.3

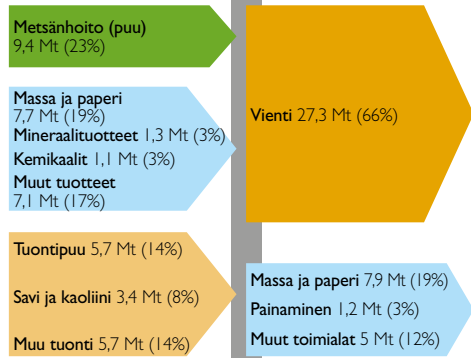
## Avainsektoreiden suurimmat materiaali-panokset

Tuotannon ja kulutuksen verkostomaisen rakenteen vuoksi resurssitehokkuuden kohdentaminen on kansantalouden tasolla haasteellista. Keskeinen tehostamiskohde voi löytyä suorien panosten käytöstä ja/tai välillisten panosten käytöstä. Raaka-aineiden kokonaiskäytöltään keskeisimmät toimialat Suomessa ovat voimakkaasti yhteydessä toisiinsa.

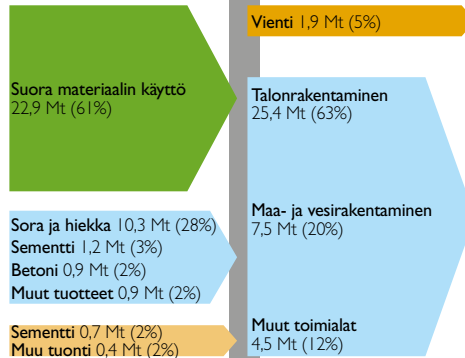
Kuvassa 8 on esitetty avainsektoreiden käyttämät materiaali-panokset ja niiden kohdentuminen eri toimialoille, kotimaiseen loppukäyttöön tai vientiin vuonna 2008. Vasemmalla sisään menevinä virtoina on esitetty tuotteet, joita kyseinen toimiala käyttää kotimaisilta toimialoilta. Tuontituotteet on merkitty erikseen. Ne voivat käyttää myös oman toimialansa tuotteita, joka on merkitty sisään menevinä panoksina. Oikealla on kuvattu ne toimialat kotimaassa, jotka kyseisen toimialan tuotteita ensisijaisesti käyttää samoin kuin viennin ja kotimaan loppukäytön määrät.



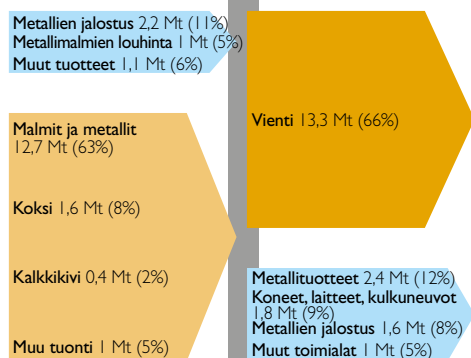
### Massa ja paperin valmistus



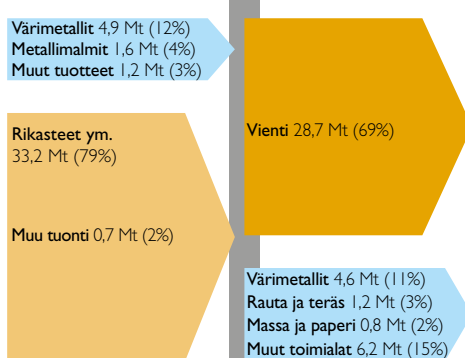
### Betonituotteiden valmistus



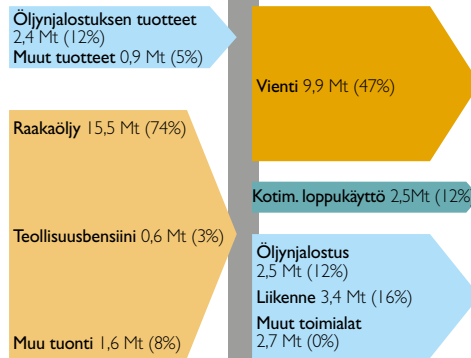
### Raudan ja teräksen valmistus



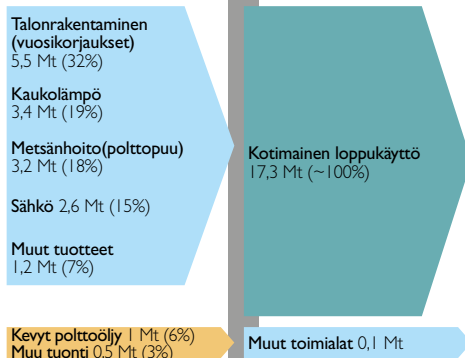
### Värimetallien valmistus



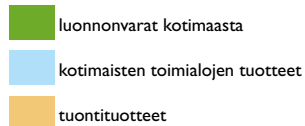
### Öljynjalostus



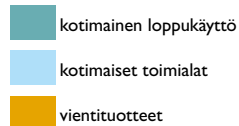
### Asuntojen hallinta ja vuokraus



#### Toimialalle tulevat virrat



#### Toimialalta lähtevät virrat

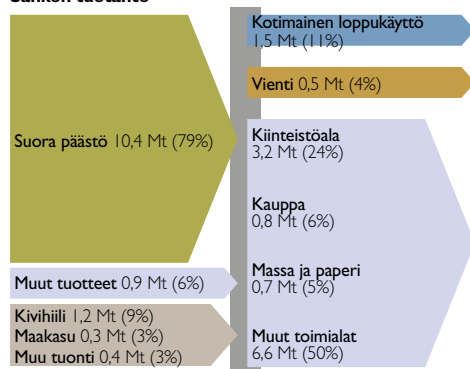


Kuva 8. Suomen avainsektoreiden tulevat ja lähtevät materiaaliveirrat, 2008.

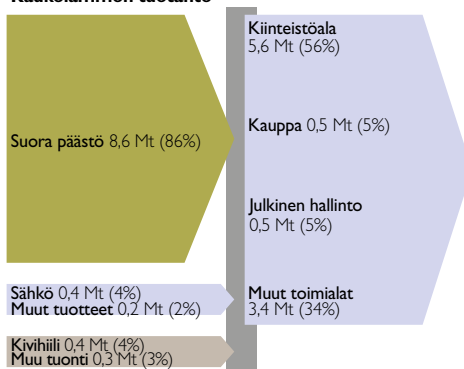
## Elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt

Suomen avainsektoreiden elinkaaristen kasvihuonekaasupäästöjen (Mt CO<sub>2</sub>-ekv) jakautuminen eri toimialoille vuonna 2008 on esitetty kuvassa 9. Vasemmalla on toimialan käyttämien tuotteiden valmistuksen päästöt ja oikealla ne toimialat, jotka käyttävät kyseisen toimialan tuotteita.

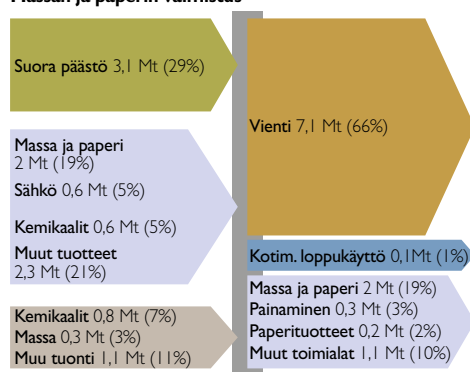
### Sähkön tuotanto



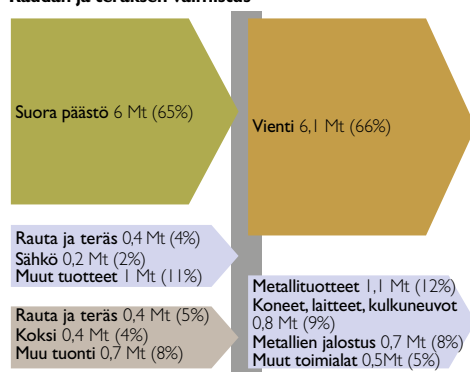
### Kaukolämmön tuotanto



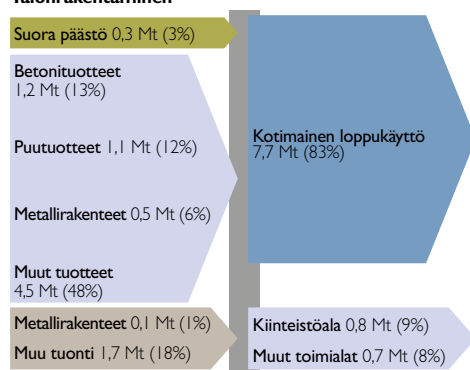
### Massan ja paperin valmistus



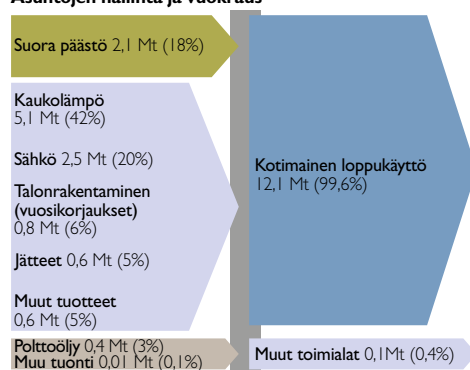
### Raudan ja teräksen valmistus

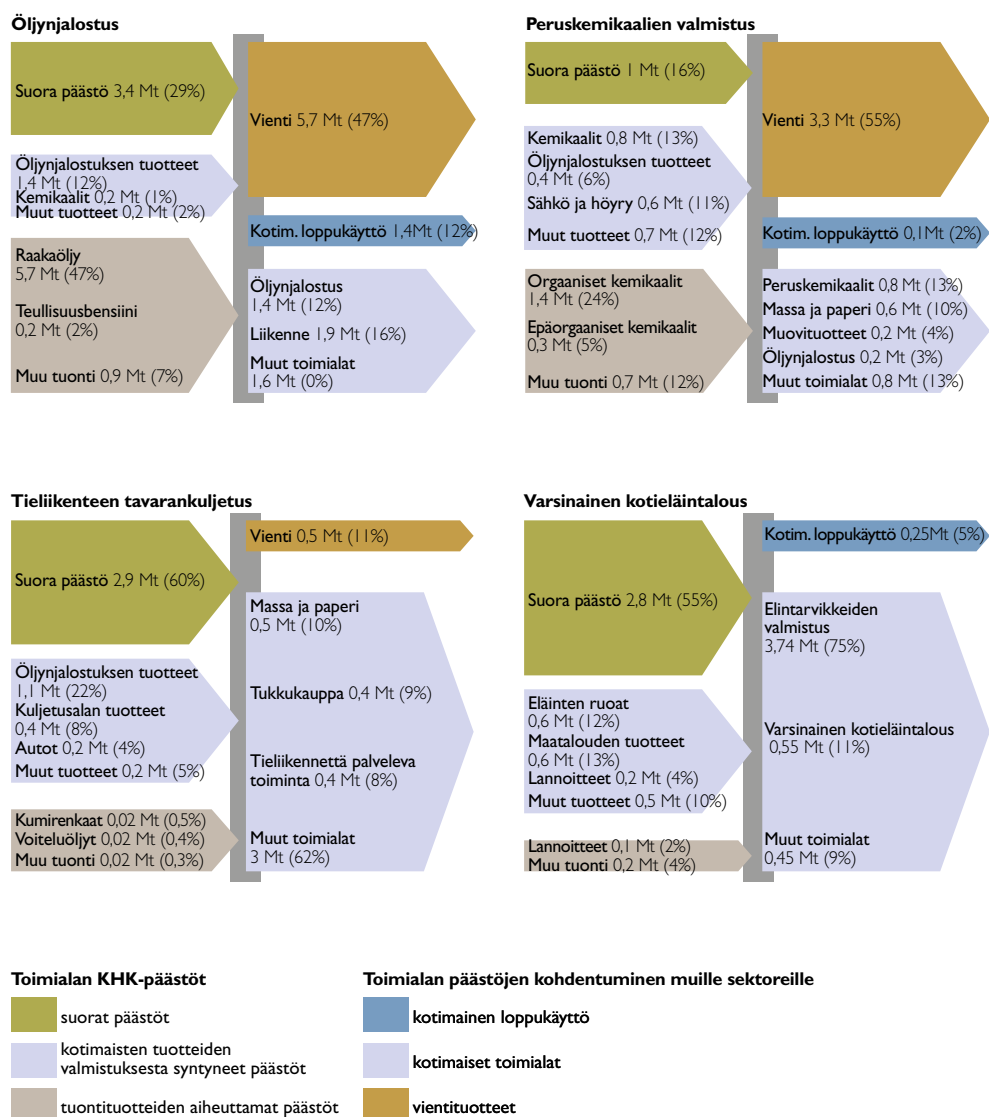


### Talonrakentaminen



### Asuntojen hallinta ja vuokraus





Kuva 9. Suomen avainsektoreiden elinkaaristen kasviuonekaasupäästöjen (Mt CO<sub>2</sub>-ekv) jakautuminen eri toimialoille vuonna 2008.

5.5

## Yhteenveto avainsektoritarkastelusta

Suomen merkittävimpien toimialojen resurssien käyttöä ja niiden ympäristö- ja sosioekonomisia vaikutuksia tarkasteltiin seuraavien indikaattoreiden avulla: raaka-aineiden kokonaiskulutus ja tuontiöljyn käyttö; elinkaariset kasviuonekaasupäästöt sekä arvonlisä ja työllisyys Suomessa. Avainsektoreiksi valittiin ne toimialat, joiden vaikutus oli kymmenen suurimman toimialan joukossa vuonna 2008. Talonrakentaminen oli avainsektori kaikilla tarkastelluilla indikaattoreilla tarkasteltuna. Kiinteistöala (asuntojen hallinta ja vuokraus) on avainsektori kaikilta muilta paitsi työllisyysvaikutuksiltaan. Massa- ja paperiteollisuuden elinkaariset materiaali- ja kasviuonekaasuvaikutukset olivat kansantaloudellisesti merkittävät, mutta sosioekonomiset vaikutukset (arvonlisä ja työllisyys) pienempiä kuin monilla muilla toimialoilla. Tämä pätee myös muihin materiaali-intensiiviseen vientiteollisuuteen esim. metalliteollisuuteen. Palveluilla oli alhaisimmat materiaali-intensiteetit.

Maa- ja vesirakentaminen, maa-aineksen otto ja värimetallien tuotanto olivat erittäin materiaali-intensiivisiä, ts. raaka-aineiden kokonaiskulutus suhteessa arvonnaisään oli suuri. Nämä alat eivät kuitenkaan olleet merkittävimpiä sektoreita tarkasteltaessa elinkaarisia kasvihuonekaasupäästöjä suhteessa arvonnaisään. Kasvihuonekaasuintensivisyys korostui seuraavilla toimialoilla: lämmön tuotanto, öljynjalostus, sähkön tuotanto, siirto ja jakelu sekä kotieläintalous. Raaka-aineiden kokonaiskulutus indikaattorina kuvaa karkeasti ympäristövaikutuksia, mutta ei sovellu yksityiskohtaisiin toimialojen vertailuihin, sillä indikaattori ei juuri korreloi kasvihuonekaasupäästöjen tai muiden ympäristövaikutusten kanssa (Seppälä ym. 2009).

Avainsektorien raaka-aineiden kulutuksen ja elinkaaristen kasvihuonekaasupäästöjen virtoja tarkasteltiin kokonaisvuotarkastelulla. Kokonaisvuotarkastelun avulla voitiin havainnollistaa välillisten panosten käyttöä sekä sektoreiden tuotoksiin liittyviä vaikutuksia muilla sektoreilla. Näin löydetään panoksista ne, joiden käytön tehostaminen vaikuttaa eniten kyseisen toimialan elinkaarisiin vaikutuksiin. Heikkoutena tässä sovelluksessa on se, että takaisinkytkentä-ilmiötä ei huomioida (nk. rebound-effect, esim. Söderholm & Tilton 2012, Madlener & Alcott 2009). Takaisinkytkentä näkyy esimerkiksi silloin, kun kaivosteollisuuden kysyntä tiettyyn käyttötarkoitukseen laskee, mutta tuotanto ohjautuu toisiin käyttötarkoituksiin. Tämän johdosta tulokset kuvaavat ikään kuin suoraa vaikutusta tuotannon ja kulutuksen järjestelmässä tietyn kohteen resurssitehokkuutta parannettaessa.

Raaka-aineiden kokonaiskulutuksen kannalta suorat vaikutukset ovat merkittäviä monilla avaintoimialoilla: lähes kaikki metsänhoidon vaikutukset ovat suoria, maa-aineksen otossa ja maa- ja vesirakentamisessa suorat sekä toimialan sisäiset vaikutukset muodostavat suurimman osan materiaalin kulutuksesta. Toimenpiteet materiaalihokkuuden kannalta ovat näillä aloilla tehokkaimmillaan koskien omaa tuotantoa ja prosesseja. Esimerkiksi metsäteollisuudessa on kiinnitetty huomiota puun kaikkien osien tarkempaan hyödyntämiseen ja rakennusteollisuudessa on käytetty mm. kierrätysbetonia rakentamisessa. Tuonnin suuri osuus materiaalien kulutuksessa korostuu massa- ja paperiteollisuudessa, värimetallien valmistuksessa, raudan, teräksen ja rautaseosten valmistuksessa sekä sähkön tuotannossa. Näillä aloilla materiaalipanoksien optimointi on tehokas keino vähentää materiaalien kulutusta. Sähkön tuotannossa materiaali-intensiteetiltään suuren tuontikivihiilen vähentäminen ja korvaaminen jollakin resurssitehokkaammalla polttoaineella, vähentäisi materiaalien kokonaiskulutusta. Yksi etenkin betonivalmistuksen sekä maa- ja vesirakentamisen tärkeä tekijä materiaalikulutuksen kannalta on maa-aineksen otto. Kiinteistötoimialan tärkeä tekijä puolestaan on sähkön ja lämmön tuotanto. Talonrakentamisen suureen materiaalikulutukseen vaikuttavat betonituotteiden ja sahatavaran käyttö.

Elinkaarisilta kasvihuonekaasupäästöiltä suorat päästöt korostuvat avaintoimialoilla: sähkön tuotanto, massa- ja paperiteollisuus, kaukolämpö, öljynjalostus, raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus, kotieläintalous sekä peruskemikaalien valmistus. Toimenpiteet päästöjen vähentämiseksi ovat tehokkaimmillaan koskien omaa tuotantoa ja prosesseja, lähinnä omaa energiankulutusta. Näillä aloilla energiatehokkuuden parantaminen vähentää olennaisesti myös elinkaarisia kasvihuonekaasupäästöjä. Kaikilla haastatelluilla toimialoilla olikin energiatehokkuuskatselmuksat ja sopimukset käytössä. Mm. hukkaenergian parempi hyödyntäminen, sivuvirtojen ja jätteiden hyödyntäminen energiana tuli haastatteluissa myös esille. Tuontikemikaalien käytön vähentäminen voi leikata päästöjä massa- ja paperiteollisuudessa sekä kotimaaisessa kemikaalien valmistuksessa. Sahateollisuuden ja betoniteollisuuden tuotteet aiheuttavat suurimmat kasvihuonekaasupäästöt talonrakentamisen elinkaareissa.

Suomen nykyisessä taloudellisessa rakenteessa tehokkain tapa vähentää luonnonvarojen käyttöä olisi vähentää prosesseihin sisään meneviä panoksia ja lisätä suljettuja materiaalikiertoja, varsinkin materiaali-intensiivisillä avainsektoreilla. Materiaalin suora vähentäminen ei pelkästään riitä resurssitehokkuuden saavuttamiseen, tarvi-



taan muitakin resurssitehokkuutta tukevia toimenpiteitä. Niukkaresurssisen talouden toteuttaminen vaatii merkittäviä ja radikaalejakin muutoksia yhteiskunnassa ja ihmisten ajattelussa. Yhteiskunnan monimutkaisuuden ja talouden moninaisuuden vuoksi hyvin erityyppisiä toimenpiteitä tarvitaan muutoksen saavuttamiseksi liittyen mm. lainsäädäntöön, tuotesuunnitteluun, materiaalien kierrättämiseen ja kulutustottumuksiin. Toisin sanoen tulevaisuudessa siirtyminen niukkaresurssiseen talouteen tarvitsee tuekseen merkittäviä muutoksia, enemmän innovaatioita, poliittista tukea ja toimia kaikilla yhteiskunnan tasoilla. (ks. myös Koskela et al. 2013).

## 6 Suomen talouden materiaalikäytön kehitysarvio vuoteen 2030

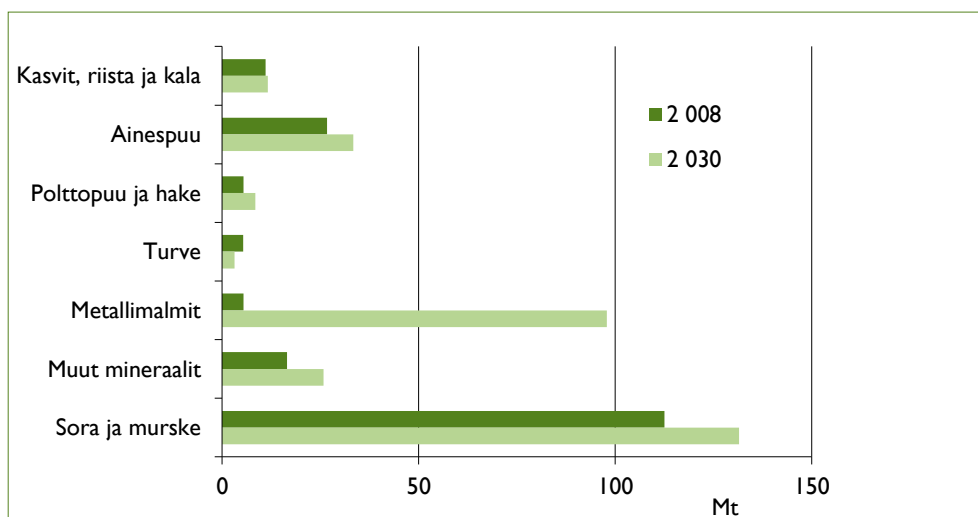
ENVIMAT<sup>scen</sup> mallilla tehtiin skenaario Suomen talouden kehityksestä vuoteen 2030, joka noudattaa Työ- ja elinkeinoministeriön Kansallisen energia- ja ilmastostrategian perusskenaariota (TEM 2012) talouden toimialarakenteen kehityksen ja energiajärjestelmän osalta. Suomen kaivostoiminnan nopean kasvun vuoksi mallin yhteyteen kehitettiin myös kaivostoiminnan liittännäismalli, jolla tehtiin myös erillinen seikka-peräinen kaivos- ja kaivannaistoiminnan taloudellinen ja materiaalivirtojen kehitysarvio vuoteen 2030 (Tuusjärvi ym. 2013).

Perusskenaariossa Suomen bruttokansantuote kasvaa vuodesta 2008 vuoteen 2030 keskimäärin 1,4 %/v, mikä vastaa 1,8 %/v kasvua vuodesta 2010, jolloin BKT:n taso on 35 % korkeampi vuonna 2030 kuin vuonna 2008. Skenaariossa kansantalouden energian loppukäytön ominaiskulutus (GWh/BKT) supistuu 22 % ja uusiutuvan energian osuus kohoaa 30 prosentista 42 prosenttiin. Materiaalienkäytön tehostumisessa on oletettu varovaisesti yleinen 5 %:n tavaroiden välituotekäytön panoskertoimien supistuminen tuotantotoiminnassa 22 vuoden kuluessa.

Kehitysarviossa kotimaisten luonnonvarojen käytetty otto kehittyy taulukon 11 ja kuvan 10 mukaisesti. Kotimaisten luonnonvarojen otto kasvaa skenaariossa 70 %, kaksi kertaa enemmän kuin bruttokansantuote. Kasvusta kaksi kolmasosaa johtuu metallimalmien louhinnan kasvusta. Myös muiden mineraalien louhintaa kasvattavat Soklin fosfaattikaivos ja Längen litiumkaivos. Talvivaaran kaivoksen suuri kalkkikiven käyttö lisää kalkkikiven louhintaa viidenneksellä. Metsäteollisuuden tuotanto ei juurikaan kasva, mutta kotimaisen ainespuun hakkuista lisää tuontipuun osuuden supistuminen. Turpeesta siirrytään metsähakkeeseen.

Taulukko 11. Kotimaisten luonnonvarojen käytetty otto vuosina 2008 ja 2030 perusskenaariossa, miljoonaa tonnia

	2008	2030	Kasvukerroin
Kasvit, riista ja kala	11,0	11,6	1,05
Ainespuu	26,7	33,4	1,25
Polttopuu ja hake	5,4	8,4	1,57
Turve	5,3	3,1	0,59
Metallimalmit	5,4	97,9	18,19
Muut mineraalit	16,5	25,8	1,57
Sora ja murske	112,5	131,5	1,17
Yhteensä	182,8	311,6	1,70

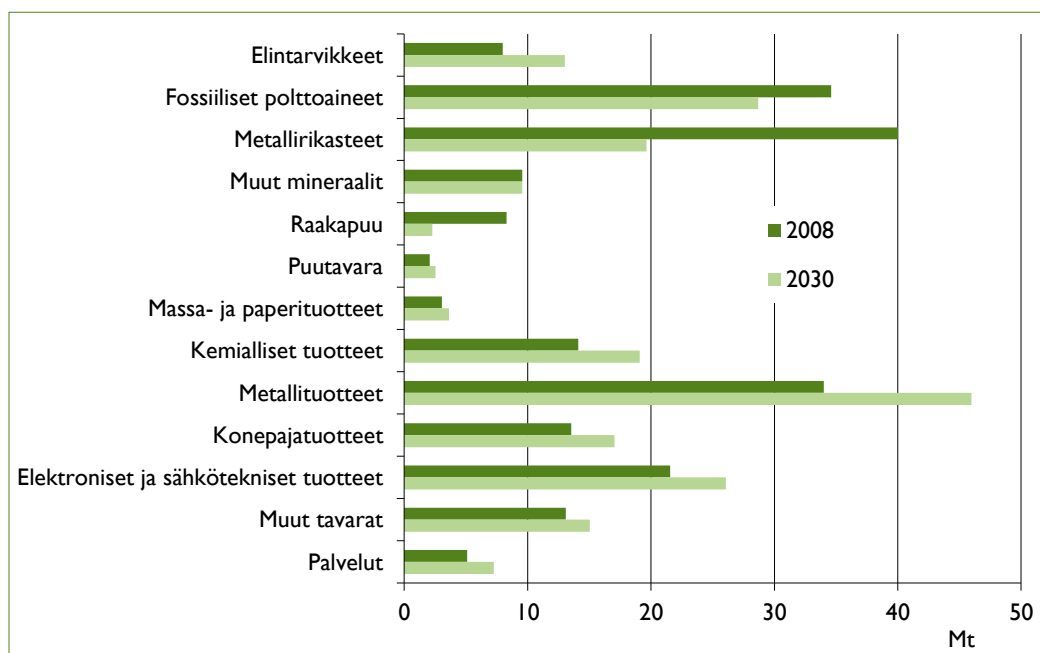


Kuva 10. Kotimaisten luonnonvarojen käytetty otto vuosina 2008 ja 2030 perusskenaariossa, miljoonaa tonnia

Tuonnin materiaalivirtojen kehitys on esitetty taulukossa 12 ja kuvassa 11. Tuonnin materiaalikäyttö yhteensä pysyy lähes vuoden 2008 tasolla. Energiatehokkuuden paraneminen ja uusiutuvan energian osuuden kasvu johtavat fossiilisten polttoaineiden tuonnin supistumiseen. Metallirikasteidensuora tuonti kasvaa hieman, mutta tuonnin raaka-ainekäyttö supistuu puoleen. Tämä johtuu siitä, että teräksen jalostuksessa vuonna 2008 oli jo tuotannon notkahdus ja tuotannon oletetaan palaavan kapasiteettitasolle. Uudelleenavattavan kotimaisen Hannuksen rautakaivoksen rikastetuotannon oletetaan menevän vientiin. Rautakaivosten, varsinkin Ruotsin Kiirunan kaivoksen, josta Suomeen rautarikaste tuodaan, metallipitoisuus on korkea, noin 60 %, joten rautarikasteen välillinen raaka-ainekäyttö jää verraten vähäiseksi. Sen sijaan Suomen uudet metallikaivokset korvaavat ensisijassa nikkelin ja myös kuparin tuontia, joissa välillinen raaka-ainekäyttö on korkea. Nikkeli- ja kuparikaivosten malmin metallipitoisuus on yleensä välillä 0,5 – 2%.

Taulukko 12. Materiaalien suoran tuonnin (DM) ja tuonnin raaka-ainekäytön (RMM) kehitys tuoteryhmittäin vuodesta 2008 vuoteen 2030, miljoonaa tonnia.

	2008		2030		Kasvukertoimet	
	DM	RMM	DM	RMM	DM	RMM
Elintarvikkeet	2,9	8,0	4,7	13,0	1,6	1,6
Fossiiliset polttoaineet	26,7	34,6	21,4	28,7	0,8	0,8
Metallirikasteet	5,7	40,0	6,0	19,6	1,0	0,5
Muut mineraalit	4,1	9,6	4,5	9,6	1,1	1,0
Raakapuu	7,4	8,3	2,1	2,3	0,3	0,3
Puutavara	1,9	2,1	2,4	2,5	1,3	1,2
Massa- ja paperituotteet	1,1	3,1	1,3	3,6	1,2	1,2
Kemialliset tuotteet	7,0	14,1	9,5	19,1	1,4	1,4
Metallituotteet	3,0	34,0	4,2	46,0	1,4	1,4
Konepajatuotteet	1,2	13,5	1,5	17,0	1,3	1,3
Elektroniset ja sähkötekniset tuotteet	0,4	21,5	0,5	26,1	1,3	1,2
Muut tavarat	2,5	13,1	3,6	15,0	1,4	1,1
Palvelut	0,0	5,1	0,0	7,3	-	1,4
	64,0	207,0	61,8	209,8	1,0	1,0

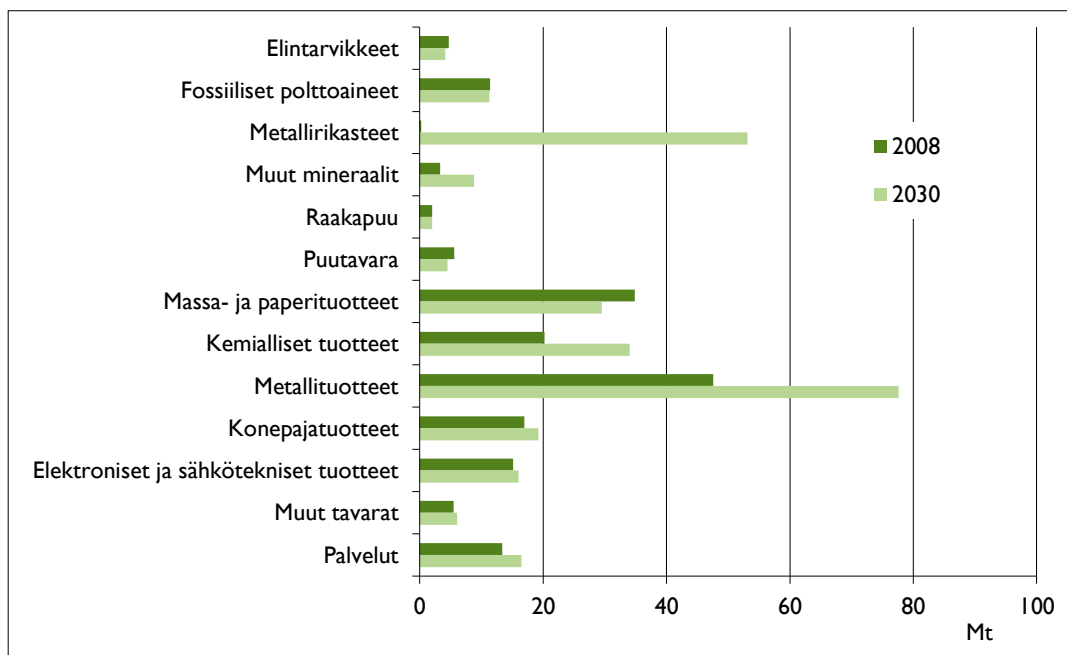


Kuva 11. Tuonnin raaka-ainekäytön (RMM) kehitys tuoteryhmittäin vuodesta 2008 vuoteen 2030, miljoonaa tonnia.

Viennin materiaalivirtojen kehitys on esitetty taulukossa 16 ja kuvassa 12. Viennin suora materiaalipanous kasvaa yhteensä vain noin 10 %, mutta viennin raaka-ainekäyttö kasvaa 60 %. Erityisen voimakkaasti kasvaa metallirikasteiden välillinen raaka-ainekäyttö. Tämä johtuu suurelta osin uusista kultakaivoksista, joiden hyvin puhtaaksi rikastettu kulta menee vientiin. Kultakaivoksissa malmin kultapitoisuus on luokkaa 0,004 %, joten kullan välillinen raaka-ainekäyttö on hyvin korkea. Uudet värimetallikaivokset ja kaivoksien laajennukset luovat pohjaa myös uuden tuotantokapasiteetin rakentamiseen metallituotteiden ryhmään sisältyvään metallinjalostukseen. Massa- ja paperituotteiden viennin on oletettu supistuvan viidenneksen vuoden 2008 tasosta.

Taulukko 16. Materiaalien suoran viennin (DX) ja viennin raaka-ainekäytön (RMX) kehitys tuoteryhmittäin vuodesta 2008 vuoteen 2030, miljoonaa tonnia.

	2008		2030		Kasvukertoimet	
	DX	RMX	DX	RMX	DX	RMX
Elintarvikkeet	1,3	4,7	1,1	4,1	0,8	0,9
Fossiiliset polttoaineet	6,0	11,4	5,8	11,3	1,0	1,0
Metallirikasteet	0,0	0,2	2,0	53,1	95,6	227,7
Muut mineraalit	1,5	3,3	1,3	8,8	0,9	2,7
Raakapuu	0,3	2,0	0,3	2,0	1,0	1,0
Puutavara	4,1	5,6	3,5	4,5	0,8	0,8
Massa- ja paperituotteet	14,9	34,9	11,4	29,5	0,8	0,8
Kemialliset tuotteet	4,7	20,2	8,1	34,0	1,7	1,7
Metallituotteet	3,8	47,6	5,7	77,6	1,5	1,6
Konepajatuotteet	1,1	17,0	1,4	19,2	1,3	1,1
Elektroniset ja sähkötekniset tuotteet	0,4	15,1	0,5	16,0	1,4	1,1
Muut tavarat	1,1	5,5	1,3	6,1	1,1	1,1
Palvelut	0,0	13,4	0,0	16,5	-	1,2
<b>Yhteensä</b>	<b>39,2</b>	<b>180,8</b>	<b>42,4</b>	<b>282,8</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>



Kuva 12. Viennin raaka-ainekäytön (RMX) kehitys tuoteryhmittäin vuodesta 2008 vuoteen 2030, miljoonaa tonnia.

Suomen talouden kokonaismateriaalivirtojen taseet vuosina 2008 ja 2030 suorina materiaalivirtoina ja raaka-ainekäyttönä on esitetty taulukoissa 17 ja 18. Materiaalien suora kulutus kasvaa lähes 60 %, sen sijaan raaka-aineiden kulutus kasvaa vain 14 %. Suuri ero indikaattorien välillä johtuu siitä, että rikasteiden ja metallijalosteiden kasvavan viennin korkea välillinen luonnonvarojen otto jää DMC mittarin sisään.

Taulukko 17. Suorien materiaalivirtojen taseet vuosina 2008 ja 2030, miljoonaa tonnia

	2008	2030	%-muutos
Kotimainen käytetty otto (DEU)	183	312	70,3
+ Materiaalien suora tuonti (DM)	64	62	-3,4
Suora materiaalipanos (DMI)	247	374	51,2
- Materiaalien suora vienti (DX)	-39	-42	8,7
Materiaalien suora kulutus (DMC)	208	331	59,1

Taulukko 18. Raaka-ainekäytön taseet vuosina 2008 ja 2030, miljoonaa tonnia

	2008	2030	%-muutos
Kotimainen käytetty otto (DEU)	183	312	70,3
+ Tuonnin käytetty otto (RMM)	207	210	1,4
Raaka-aineiden käyttö (RMR)	390	522	33,7
- Viennin raaka-ainekäyttö (RMX)	-181	-283	56,4
Raaka-aineiden kulutus (RMC)	209	239	14,0

Taulukossa 19 on esitetty talouden ja materiaalivirtojen kokonaisluvut ja niistä edelleen johdetut indikaattorit

Taulukko 19. Suomen talouden ja materiaalivirtojen kokonaislukujen ja niistä johdettujen indikaattorien kehitys vuodesta 2008 vuoteen 2030 (peruskenaario).

	2008	2030	%-muutos
Väkiluku, 1000 henkeä	5 313	5 850	10
Bruttokansantuote (BKT) Mrd € 2008 hinnoin	186	251	35
Materiaalien suora kulutus (DMC), Mt	208	331	59
Raaka-aineiden kulutus (RMC), Mt	209	239	14
Materiaalien suora kulutus henkeä kohti, t/henk	39	57	45
Raaka-aineiden kulutus henkeä kohti, t/henk	39	41	4
Materiaalituottavuus (BKT/DMC), €/t	894	758	-15
Raaka-ainetuottavuus (BKT/RMC), €/t	889	1 051	18

Vuodesta 2008 vuoteen 2030 Suomen väestö kasvaa 10 % ja BKT 35 %. Samanaikaisesti materiaalien suora kulutus kasvaa 45 % ja raaka-aineiden kulutus 14 %. Suora materiaalien kulutus henkeä kohti kasvaa siten 45 %, mutta raaka-aineiden kulutus henkeä kohti vain 4 %. Materiaalituottavuus eli bruttokansantuote materiaalien suora kulutusta kohti laskee 15 %. Raaka-ainetuottavuus sen sijaan kohoaa 18 %.

## 7 Materiaalitehostumisen kokonaistaloudelliset vaikutukset

Materiaalitehostumisen vaikutusten tarkastelussa keskitytään seuraavassa tuotanto-toiminnan materiaalikäyttöön. ENVIMAT<sup>scen</sup> mallissa tuotteet voidaan jakaa tavaroihin, energiatuotteisiin ja palveluihin. Materiaalitehostumus voidaan mitata tavaroiden käyttönä toimialan tuotosyksikköä kohti.

Seuraavassa tarkastellaan kaikilla tuotantotoimialoilla tapahtuvan 10 %:n materiaalitehostumisen kokonaistaloudellisia vaikutuksia. Tehostumisvaikutuksia tarkastellaan tehostamiskustannusten tasoilla, jotka operationalisoidaan takaisinmaksuajan käsitteellä. Esimerkiksi 5 vuoden takaisinmaksuaika tarkoittaa, että tehostamisen edellyttämät investointikustannukset ovat viisinkertaiset tehostamisella saatuihin vuosisäästöihin verrattuna. Ilmaiseksi aikaansaataavalla materiaalitehostumisella takaisinmaksuaika on nolla vuotta.

Taulukossa 20 on esitetty 10 %:n yleisen materiaalitehostumisen kokonaistaloudelliset vaikutukset, kun takaisinmaksuaika vaihtelee 0 vuodesta 15 vuoteen.

Taulukko 20. Materiaalien kulutuksen yleisen 10 % tehostumisen talousvaikutukset vuonna 2030 tehostamisinvestointien eri takaisinmaksuajoilla perusajossa perusskenaarioon verrattuna, % päätevuoden tasosta

	Takaisinmaksuaika						
	0 v	3 v	5 v	8 v	10 v	13 v	15 v
Bruttokansantuote	10,0	7,6	6,0	3,5	1,9	-0,5	-2,1
Nettokansantulo	10,4	7,6	5,8	3,0	1,1	-1,7	-3,5
Työllisyys	5,8	3,7	2,3	0,2	-1,2	-3,3	-4,7
Kotim. raaka-aineiden otto	-0,9	-2,9	-4,2	-6,1	-7,4	-9,3	-10,5
Raaka-aineiden kulutus	2,5	-1,3	-3,8	-7,6	-10,1	-13,8	-16,3
Energian loppukäyttö	2,5	0,9	-0,1	-1,7	-2,8	-4,4	-5,5
Kasvihuonekaasupäästöt	1,5	-0,2	-1,3	-3,0	-4,2	-5,9	-7,0

Kun takaisinmaksuaika on 0 vuotta eli tehostuminen on ilmaista, bruttokansantuote nousee 10 %. Rebound-efektin vuoksi myös raaka-aineiden kulutus kasvaa 2,5 %. Tehostamisinvestointien 3 v takaisinmaksuajalla bruttokansantuote kasvaa 7,6 prosenttia ja raaka-aineiden kulutus supistuu 1,3 %. Tehostamisinvestoinnit ovat kokonaistaloudellisesti kannattavia aina 10 vuoden takaisinmaksuajaksi asti, jonka jälkeen talouskasvu hidastuu perusskenaariosta. Kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla bruttokansantuote kasvaa 1,9 %, mutta raaka-aineiden kulutus supistuu 10,1 %.

Rebound-efektin vuoksi ilmaisilla materiaalitehostamistoimilla myös energian loppukäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt kasvavat, mutta vain vähän verrattuna kokonaistalouden kasvuun. Kun tehostamistoimien kustannusten kasvaessa talouden kasvuvaikutus on vähäisempi, myös energian loppukäyttö ja etenkin kasvihuonekaasupäästöt alkavat supistua.

## LÄHTEET

- Allwood, J.M. Ashby, M. F., Gutowski, T.G., Worrel, E. 2011. Material efficiency: a white paper. Resources, conservation and recycling 55 (3), 362–381.
- Eurostat 2012. Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA), Compilation Guide. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental\\_accounts/documents/Economy-wide%20material%20flow%20accounts%20compilation%20guide%20%20-.pdf](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environmental_accounts/documents/Economy-wide%20material%20flow%20accounts%20compilation%20guide%20%20-.pdf) [Viitattu 13.6.20013]
- KOM(2011) 571 lopullinen, Bryssel 20.9.2011. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa.
- Koskela, S., Mattila, T., Antikainen, R., Mäenpää, I. 2013. Identifying Key Sectors and Measures for a Transition towards a Low Resource Economy. Resources 2013, 2, 151-166. doi:10.3390/resources2030151.
- Madlener, R., Alcott, B. 2009. Energy rebound and economic growth: A review of the main issues and research needs. Energy 34 (3), 370–37.
- Motiva. 2013. <http://www.motiva.fi/toimialueet/materiaalitehokkuus>. [14.8.2013]
- OECD. 2008. Resource Productivity in the G8 and the OECD. A Report in the Framework of the Kobe 3R Action Plan.
- Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri, J.-H., Härmä, T., Korhonen, M.-R., Saarinen, M. & Virtanen, Y. (2009). Suomen kansantalouden materiaalityövoiman ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla Suomen ympäristö 20/2009, Helsinki.
- Söderholm, P. & Tilton, J. E. 2012. Material efficiency: an economic perspective. Resources, conservation and recycling 61, 75 – 82.
- TEM 2013. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia, Strategian päivitys 2013, Taustaraportti. [http://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen\\_energia-\\_ja\\_ilmastostrategia\\_taustaraportti.pdf](http://www.tem.fi/files/36279/Kansallinen_energia-_ja_ilmastostrategia_taustaraportti.pdf)
- Tuusjärvi, M., Mäenpää, I., Vuori, S., Eilu, P., Kihlman, S. & Koskela, S. 2013. Arvio Suomen kaivannaistoiminnan kehityksestä vuosiin 2020 ja 2030. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 200, Espoo
- Williams, E.D., Robert U. Ayres, R.U. & Heller, M., 2002, The 1.7 Kilogram Microchip: Energy and Material Use in the Production of Semiconductor Devices. Environ. Sci. Technol., 2002, 36 (24), pp 5504–5510



## LIITE

Julkaisussa mainittujen toimialojen kuvaukset (Tilastokeskus, Toimialaluokitus, 2012).

TOL	Nimi	Kuvaus
68202	Asuntojen ja asuinkiinteistöjen hallinta	Asuntojen, asuinrakennusten ja -kiinteistöjen omistus ja hallinta, mm. asunto-osuuskunnat ja -osakeyhtiöt.
68201	Asuntojen vuokraus	Asunnon, asuinrakennuksen, kiinteistön omistajan tai haltijan esim. kiinteistöyhtiön tai yksityishenkilön harjoittama asunnon vuokraus, alivuokraus ja leasing, osaomistus- ja asumisoikeusyhtiöiden toiminta.
236	Betoni-, kipsi- ja sementtituotteiden valmistus	Toimialat, joilla valmistetut tuotteet perustuvat johonkin mineraaliperäiseen aineeseen, kuten lasi ja lasituotteet (tasolasi, ontto lasitavara, lasikuitu, tekninen lasi jne.), keraamiset tuotteet (laatat ja poltetut tiilituotteet) sekä muut rakennusaineteollisuuden tuotteet (sementti, kipsi ja kalkki sekä niistä valmistetut lopputuotteet). Kiven muotoilu ja viimeistely sekä muiden mineraalituotteiden valmistus kuuluvat myös tähän luokkaan.
51	Ilmaliikenne	Liikenne- ja ansiolentoyritysten harjoittama matkustajien ja tavaroiden kuljetus säännöllisillä reittilennoilla ja tilauslennoilla ilmaitse tai avaruudessa sekä ilma-liikennevälineiden vuokraus miehistöineen. Tähän kuuluu myös lentoyhtiöiden myyntitoimistojen toiminta sekä kuljetuspalvelujen kiinteänä osana harjoitettu ravitsemis- ja myyntitoiminta lentokoneissa.
274	Jalometallien ja muiden värimetallien valmistus	Jalometallien ja värimetallien (kupari, lyijy, nikkeli, tina, alumiini jne.) sekä uraanimetallin valmistus.
19200	Jalostettujen öljytuotteiden valmistus	Nestemäisten ja kaasumaisten polttoaineiden sekä muiden tuotteiden valmistus raakaöljystä, bitumipitoisista kivennäisaineista tai niiden jakotisleistä. Öljynjalostukseen kuuluu mm. seuraavia toimintoja: raakaöljyn jakotislaus, suora tislaus sekä krakkaus.
84	Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus	Julkishallinnon organisaatioiden toiminta (valtio, kunnat ja kuntainliitot): lakien ja asetusten säätäminen ja niiden juridinen tulkinta, hallinnon ohjelmien johtaminen, verotus ja muu julkinen talous, elinkeinojen valvonta, maanpuolustus, poliisitoimi, maahanmuuttopalvelut, ulkoasiainhallinto ja muu yleinen hallinto.
35301	Kaukolämmön ja -kylmän erillistuotanto ja jakelu	Kaukolämmön erillistuotanto ja jakelu yleiseen jakeluverkkoon, höyryn ja kuuman veden tuotanto, talteenotto ja jakelu lämmitykseen ja muihin tarkoituksiin.
081	Kiven louhinta, hiekan ja saven otto	Kiven, hiekan, soran, saven, kemiallisten ja lannoitemineraalien sekä muiden kaivannaisten, kuten hioma-aineiden, jalokivien, suolan, kvartsin jne. kaivu ja louhinta ja kaivannaistoiminnan yhteydessä tapahtuva kiven ja muiden kaivannaisten murskaus, seulonta, pesu yms.
014	Kotieläintalous	Kotieläinten, kuten lypsy- ja lihakarjan, hevosten, lampaiden, vuohien, sikojen tai siipikarjan kasvatus ja hoito. Tähän kuuluu myös turkistarhaus sekä mehiläisten ja poronhoito. Tähän luokkaan ei kuulu kalojen ja äyriäisten kasvatus, joka kuuluu vesiviljelyn luokkaan 032.
85	Koulutus	Koulutus kaikilla koulutusasteilla ja kaikkia ammatteja varten. Pääluokka sisältää sekä julkisen että yksityisen koulutuksen. Opetus voi olla suullista tai kirjallista ja sitä voidaan antaa myös radion, television ja Internetin välityksellä, kirjekursseina tai oppilaan kotona. Tämä pääluokka sisältää koulutuksen koulujärjestelmän oppilaitoksissa eri koulutusasteilla sekä aikuiskoulutuksen, lukutaito-ohjelmat jne. Tähän kuuluvat myös sotilas-, sotilaskorkea- ja vankilakoulut yms. pääluokan vastaavilla koulutusasteilla sekä erityisopetus vammaisille oppilaille kaikilla koulujärjestelmäkoulutuksen koulutusasteilla.
42	Maa- ja vesirakentaminen	Maa- ja vesirakentamisen erilaisten kohteiden yleiset rakennustyöt: uudisrakentaminen, peruskorjaus-, laajennus- ja muutostyöt sekä tehdasvalmisteisten rakennelmien ja rakenteiden pystyttäminen rakennuspaikalla. Ne voivat olla myös tilapäiseen käyttöön tarkoitettuja.
171	Massan, paperin, kartongin ja pahvin valmistus	Massan, paperin tai jalostettuja paperituotteiden valmistus. Näiden tuotteiden valmistus ryhmitellään yhteen, koska ne sisältävät peräkkäisiä toisiinsa liittyviä prosesseja. Tavallisesti yksikkö käyttää useampaa kuin yhtä valmistusprosessia.
02100	Metsänhoito	Metsän kasvatus ja metsänhoitoon liittyvät toiminnot: metsän uudistusalan valmistaminen, kuten raivaus, muokkaus ja kulutus, metsänviljely (kylvö ja istutus), luontainen uudistaminen, perkaus ja harvennus, pellon metsitys, taimikonhoito ja nuoren metsän kunnostus, pystykarsinta, metsänlannoitus, metsäpuiden taimitarhojen toiminta, metsäpuiden siementuotanto, kuten käpyjen keruu siementuotantoa varten. Tähän kuuluu myös: metsätuhojen torjunta (taimikkojen suojele eläintuhoilta, pintakasvillisuudelta ja sieniltä ennen istutusta ja hakkuun tekemistä) pl. palkkioperusteinen toiminta, metsien suojele, esim. luonnonsuojelualueiden hoito.

TOL	Nimi	Kuvaus
201	Peruskemikaalien, lan- noitteiden ja tyyppiyhdis- teiden, muoviaiaineiden ja synteettisen kumiraaka- aineen valmistus	Orgaanisista ja epäorgaanisista raaka-aineista kemiallisten prosessien avulla valmistetut tuotteet. Luokittelun alemmilla tasoilla tehdään ero toisaalta peruskemikaalien valmistuksen ja toisaalta näistä jalostettavien väli- ja lopputuotteiden valmistuksen välillä.
162	Puu-, korkki-, olki- ja punontatuotteiden valmistus	Puu-, korkki-, olki- ja punontatuotteiden valmistus sekä osina että koottuina tavaroina.
161	Puun sahaus, höyläys ja kyllystys	Puutuotteiden valmistus, esimerkiksi sahatavaran, ristiinliimatun vanerin, vaneri- viulun, puupakkausten, puisten lattianpäällysteiden, tehdasvalmisteisten puu- rakennusten sekä niiden puuelementtien valmistus. Tuotantoprosessi sisältää puun sahauksen, höyläyksen, kuivauksen ja lämpökäsittelyn, muotoilun, laminoinnin sekä puutuotteiden kokoonpanon. Se alkaa tukkien sahaamisesta pölkkyiksi, hirsiksi tai sahatavaraksi, joita voidaan sen jälkeen sahata edelleen tai muotoilla sorvilla tai muilla työvälineillä. Sahatavara tai muu muokattu puuaines voidaan tämän jälkeen myös höylätä tai hioa sekä koota lopputuotteiksi, kuten puupakkauksiksi. Sahoja ja puunsuojausta harjoittavia yksiköjä lukuun ottamatta yksiköt luokitellaan lähinnä pääasiallisen tuotteensa mukaisesti. Tähän kuuluu myös puupellettien valmistus.
24100	Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus	Rautamalmien välitön muokkaus, harkkoraudan valmistus kiinteässä tai sulassa muo- dossa, raudan valmistus teräkseksi sekä rautaseosten ja terästuotteiden valmistus.
88	Sosiaalihuollon avopal- velut	Sosiaali- ja terveyspalveluiden tuottaminen. Tähän pääluokkaan kuuluvia palveluja tuottavat sekä julkisen että yksityisen sektorin yksiköt.
87	Sosiaalihuollon laitospal- velut	Sosiaalihuollon laitos- ja asumispalvelut. Asumispalveluihin voi sisältyä myös hoito- palveluja, valvontaa tai muunlaista asukkaiden tarvitsemää huolenpitoa.
351	Sähkövoiman tuotanto, siirto ja jakelu	Sähkön tuotanto sekä yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto, sähkön tuotanto, siirto, jakelu ja kauppa, lämmön tuotanto ja jakelu silloin kun tuotanto tapahtuu sähkön ja lämmön yhteistuotantona.
41	Talonrakentaminen	Kaikentyyppisten rakennusten rakentaminen ja rakennuttaminen. Luokka sisältää uudis- ja korjausrakentamisen, tilapäisrakennelmien pystytyksen sekä tehdasvalmis- teisten rakennusten, elementtirunkojen tai muiden rakennusosien pystyttämisen rakennuspaikalla.
86	Terveyspalvelut	Tutkimus- ja hoitopalvelut, joita tuotetaan lyhyt- ja pitkäaikaishoitoa antavissa yleis- ja erikoissairaaloiissa, sairaskodeissa, kuntoutuslaitoksissa ja muissa terve- denhuollon laitospalveluyksiköissä. Tähän kuuluu myös yleis- ja erikoislääketieteen alojen vastaanotto ja hoito, yleis- ja erikoishammaslääkäripalvelut sekä terveyden- huollon muiden laillistettujen ammattihenkilöiden tuottamat terveyspalvelut.
49410	Tieliikenteen tavarankul- jetus	Kaikki tieliikenteen tavarankuljetukset: puutavaran kuljetus, eläinkuljetukset, kylmäkuljetukset, raskaan tavarankuljetus, irtotavaran kuljetus ml. kuljetus säiliöautoissa, myös maidon keruu maatiloilta, autojen kuljetus, jätteen ja jättemate- riaalien siirtokuljetus ilman keräämistä ja hävittämistä ts. kun se ei ole kiinteä osa jätteen keräystoimintaa, kuorma-autojen vuokraaminen kuljettajineen, tavarankul- jetus ihmis- tai eläinveitoilla ajoneuvoilla.
46	Tukkukauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa)	Kotimainen ja kansainvälinen (tuonti ja vienti) tukkukauppa omaan laskuun tai palkkio- tai sopimusperusteella (komissiokauppa). Tukkukauppaan kuuluu myös välityskauppa eli agentuuritoiminta, jossa kauppias ei osta kauppatavaroita omis- tukseensa.
263	Viestintälaitteiden val- mistus	Puhelinten ja tietoliikennevälineiden valmistus. Ne lähettävät viestiä elektronisesti langan, kaapelin tai antennin välityksellä, kuten radio- ja televisiolähettimet ja langattomat tietoliikennevälineet.
264	Viihde-elektroniikan valmistus	Äänen ja kuvan vastaanotto- ja toistolaitteiden valmistus kotikäyttöön ja ajoneu- voihin ym., soitinten vahvistuslaitteiden sekä julkisten tilojen äänentoistojärjestel- miin tarkoitettujen laitteiden valmistus.
47	Vähittäiskauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa)	Uusien ja käytettyjen tavaroiden vähittäiskauppa pääasiassa yksityisille kuluttajille henkilökohtaiseen tai kotitalouskäyttöön. Myynti tapahtuu tavarataloissa, myymä- löissä, myymäläautoissa ja -veneissä, kioskeissa, tori- ja hallikaupoissa, myyntiko- juissa, postimyyntiliikkeissä, Internetissä, huutokauppakamareilla, kuluttajajou- kunnissa, verkostomarkkinointina (myös kotimyynti), ovelta-ovelle -myyntinä tms.

# KUVAILULEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto	Julkaisu-aika	Syyskuu 2013
Tekijä(t)	Sirkka Koskela, Ilmo Mäenpää, Tuomas Mattila, Jyri Seppälä, Laura Saikku, Marja-Riitta Korhonen, Marja Suorsa, Henrik Österlund ja Ilkka Hippinen		
Julkaisun nimi	<b>Suomen talouden materiaalivirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030</b>		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 26/2013		
Tiivistelmä	<p>Tässä työssä tarkasteltiin Suomen kokonaismateriaalivirtoja ja eri toimialojen materiaalinkäyttöä vuoden 2008 aineistolla. Samalla tunnistettiin Suomen kansantalouden resurssien käytön kannalta keskeisimmät toimialat. Työssä tehtiin myös yleisen 10 %:n materiaali-resurssien käytön tehostamisen kokonaistaloudellinen vaikutusarviointi vuodelle 2030. Lisäksi työn alussa selvitettiin haastatteluin eri toimialojen näkemyksiä resurssitehokkuudesta ja sen parantamisen potentiaaleista.</p> <p>Suomen talouden raaka-ainekäytöstä vuonna 2008 yli puolet, 53 %, tulee tuonnista ja hieman alle puolet, 46 %, menee vientiin. Suomen tuonnin suurimpia materiaalityyppejä ovat metallimalmi ja fossiiliset polttoaineet. Viennin suurin materiaalityyppi on puuhun perustuvat tuotteet, joiden osuus viennin raaka-ainekäytöstä oli lähes neljännes. Kotimaiseen käyttöön eniten luonnonvaroja (hiekkaa ja soraa) käytettiin rakentamisessa, joko suoraan tai rakennustuotteiden kautta.</p> <p>Vuonna 2008 raaka-aineiden kokonaiskäytöltään suurimmat toimialat liittyivät rakentamiseen, metalli- ja metsäteollisuuteen sekä öljynjalostukseen. Tuonnin suuri osuus materiaalien kulutuksesta korostuu massa- ja paperiteollisuudessa, värimetallien valmistuksessa, raudan, teräksen ja rautaseosten valmistuksessa sekä sähkön tuotannossa. Yksi etenkin betonivalmistuksen sekä maa- ja vesirakentamisen merkittävä tekijä materiaalinkulutuksen kannalta on maa-aineksen otto.</p> <p>ENVIMAT<sup>scen</sup>-mallilla tehtiin skenaario Suomen talouden kehityksestä vuoteen 2030 (perusskenaario). Suomen bruttokansantuote kasvaa vuodesta 2010 vuoteen 2030 35 %, materiaalien suora kulutus (DMC, Direct Material Consumption) 59 %, mutta raaka-aineiden kulutus (RMC, Raw Material Consumption) ainoastaan 14 %. Materiaalit tuottavuus (BKT/DMC) laskee, mutta raaka-ainetuottavuus nousee 18 %. Kotimaisten luonnonvarojen otto kasvaa skenaariossa 70 %, kaksi kertaa enemmän kuin bruttokansantuote. Kasvusta kaksi kolmasosaa johtuu metallimalmien louhinnan kasvusta.</p> <p>Kaikilla tuotantotoimialoilla tapahtuvan 10 %:n materiaalityhennöksen kokonaistaloudellisia vaikutuksia tarkasteltiin eri tehostamiskustannusten tasoilla vuonna 2030. Tehostamisinvestoinnit ovat kokonaistaloudellisesti kannattavia aina 10 vuoden takaisinmaksuajaksi, jonka jälkeen talouskasvu hidastuu perusskenaariosta. Kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla bruttokansantuote kasvaa 1,9 %, mutta raaka-aineiden kulutus supistuu 10,1 %.</p> <p>Teollisuuden piirissä resurssitehokkuus ei vielä laajasti näy yritysten strategioissa eikä tavoitteiden asettelussa. Tiedon puute rajoittaa resurssien käytön tehostamista, joten sekä tiedon lisääminen parhaista käytännöistä että yhteistyön lisääminen yli sektorirajojen on tärkeää. Toimialasta riippuen resurssitehokkuuden parantamisen potentiaali voisi olla muutaman prosentin luokkaa tai jopa 10–20 %. Yritystasolla tehostamisen hyödyt voivat olla rahassa mitattuna vieläkin suuremmat.</p> <p>Tehokkain tapa vähentää luonnonvarojen käyttöä on vähentää prosesseihin sisään meneviä panoksia ja lisätä suljettuja materiaalikierroja. Materiaalin suora vähentäminen ei kuitenkaan riitä resurssitehokkuuden saavuttamiseen, tarvitaan muitakin resurssitehokkuutta tukevia toimenpiteitä, jotka liittyvät mm. lainsäädäntöön, tuotesuunnitteluun, materiaalien kierrättämiseen ja kulutustottumuksiin.</p>		
Asiasanat	resurssitehokkuus, materiaalityhennöksen, materiaalityhennöksen, kansantalous, toimialat, kasvihuonekaasupäästöt, työllisyys, arvonalaisuus		
Rahoittaja/toimeksiantaja	Ympäristöministeriö		
	ISBN 978-952-11-4220-8 (PDF)	ISSN 1796-170X (verkkok.)	
	Sivuja 59	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkainen
Julkaisun myynti/jakaja	Julkaisu on saatavana vain internetistä: <a href="http://www.ym.fi/julkaisut">www.ym.fi/julkaisut</a>		
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö		
Painopaikka ja -aika	Helsinki 2013		

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Miljövårdsavdelningen	Datum September 2013
Författare	Sirikka Koskela, Ilmo Mäenpää, Tuomas Mattila, Jyri Seppälä, Laura Saikku, Marja-Riitta Korhonen, Marja Suorsa, Henrik Österlund och Ilkka Hippinen	
Publikationens titel	<b>Suomen talouden materiaaliavirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030</b> (Materialflöden i Finlands ekonomi 2008 och effekten av ökad resurseffektivitet fram till 2030)	
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 26/2013	
Sammandrag	<p>I detta arbete granskades de totala materialflödena i Finland och materialanvändningen inom olika branscher utgående från material från 2008. Samtidigt identifierades de branscher i Finlands samhällsekonomi som är mest centrala med tanke på användningen av resurser. I arbetet gjordes även en uppskattning av vilken helhetsekonomisk effekt en allmän effektivisering av materialresursanvändningen på 10 procent har fram till 2030. Dessutom tog man med hjälp av intervjuer i början av arbetet reda på hur olika branscher ser på resurseffektiviteten och potentialen att förbättra den.</p> <p>Av råvaruanvändningen i den finländska ekonomin 2008 kom över hälften, 53 procent, från import medan lite under hälften, 46 procent, gick till export. De största materialgrupperna i Finlands import är metallmalmer och fossila bränslen. Den största materialgruppen i exporten är träbaserade produkter, vars andel av råvaruanvändningen vid tillverkning av exportvaror var närmare en fjärdedel. I Finland användes mest naturresurser (sand och grus) till byggande, antingen direkt eller via byggprodukter.</p> <p>De branscher som använde mest råvaror 2008 var branscher relaterade till byggande, metall- och skogsindustri samt oljeförädling. Importens stora andel av materialförbrukningen framhävs inom massa- och pappersindustrin, tillverkningen av icke-järnmetall, järn, stål och järnlegeringar samt vid produktion av elektricitet. En betydande faktor särskilt för betongproduktion samt jord- och vattenbyggande är marktäkt.</p> <p>Med simuleringsmodellen ENVIMAT<sup>scen</sup> gjordes ett scenario över den finländska ekonomins utveckling fram till 2030 (grundscenario). Finlands bruttonationalprodukt växer från 2010 till 2030 med 35 procent och den direkta materialanvändningen (DMC, Direct Material Consumption) med 59 procent, men råvaruförbrukningen (RMC, Raw Material Consumption) växer endast med 14 procent. Materialproduktiviteten (BNP/DMC) sjunker men råvaruproduktiviteten stiger med 18 procent. Utvinningen av inhemska naturresurser ökar enligt scenariot med 70 procent, vilket är två gånger mer än bruttonationalprodukten. Två tredjedelar av tillväxten beror på ökad brytning av metallmalmer.</p> <p>I scenariot granskade man vilken helhetsekonomisk inverkan en materialeffektivisering på 10 procent inom alla produktionsbranscher skulle ha 2030. Vid granskningen beaktades olika nivåer på effektiviseringskostnaderna. Effektiviseringsinvesteringar är helhetsekonomiskt lönsamma ända fram till en återbetalningstid på 10 år, därefter avtar den ekonomiska tillväxten utifrån grundscenariot. Med tio års återbetalningstid växer bruttonationalprodukten med 1,9 procent, men råvaruförbrukningen minskar med 10,1 procent.</p> <p>Inom industrin ser man ännu inte någon större resurseffektivitet i företagens strategier och målsättningar. Bristen på kunskap begränsar en effektivisering av resursanvändningen, och därför är det viktigt med såväl ökad kunskap om de bästa tillvägagångssätten som ökat samarbete över sektorgränserna. Beroende på bransch kunde potentialen att förbättra resurseffektiviteten vara några procent eller till och med 10–20 procent. På företagsnivå kunde nyttan av en effektivisering mätt i pengar vara ännu större.</p> <p>Det effektivaste sättet att minska nyttjandet av naturresurser är att minska inflödena i processerna och öka de slutna materialkretsarna. En direkt minskning av material räcker dock inte till för att uppnå resurseffektivitet. Det behövs även andra åtgärder som stöder resurseffektivitet, nämligen åtgärder relaterade till bl.a. lagstiftning, produktplanering, materialåtervinning och konsumtionsvanor.</p>	
Nyckelord	resurseffektivitet, materialeffektivitet, materialflöden, samhällsekonomi, branscher, växthusgasutsläpp, sysselsättning, mervärde	
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet	
	ISBN 978-952-11-4220-8 (PDF)	ISSN 1796-170X (online)
	Sidantal 59	Språk Finska
	Offentlighet Offentlig	
Beställningar/distribution	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: <a href="http://www.ym.fi/julkaisut">www.ym.fi/julkaisut</a>	
Förläggare	Miljöministeriet	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Helsingfors 2013	

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment Environmental Protection Department		<i>Date</i> September 2013	
<i>Author(s)</i>	Sirkka Koskela, Ilmo Mäenpää, Tuomas Mattila, Jyri Seppälä, Laura Saikku, Marja-Riitta Korhonen, Marja Suorsa, Henrik Österlund and Ilkka Hippinen			
<i>Title of publication</i>	<b>Suomen talouden materiaalivirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030</b> (Material flows in the Finnish national economy in 2008 and the effects of enhanced resource efficiency by 2030)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of the Ministry of the Environment 26/2013			
<i>Abstract</i>	<p>This study examined Finland's overall material flows and material consumption in various sectors, using data from 2008. Key sectors in terms of resource use within the Finnish national economy were also identified. In addition, an overall economic impact assessment was conducted, assuming a general 10% improvement in the use of material resources by 2030. Initial interviews were also carried out to explore the views of various sectors on resource efficiency and their potential to improve this.</p> <p>Of raw materials consumed within the Finnish economy in 2008, more than half (53%) were consumed in imports and slightly less than half (46%) in exports. The largest material groups imported to Finland include metallic minerals and fossil fuels. The largest exported material groups are wood-based products, which account for almost one quarter of raw material consumption in exports. In domestic use, the largest amount of natural resources (sand and gravel) was used in the construction business, either directly or through building products.</p> <p>In 2008, major sectors in terms of overall raw material consumption were those associated with construction, metal and forest industries, and oil refining. A large proportion of imported materials are consumed in the pulp and paper industry, production of non-ferrous metals, production of iron, steel and iron alloys, and power production. Soil extraction is an important factor in terms of material consumption in concrete manufacturing, earthworks and hydraulic construction.</p> <p>A scenario on the development of the Finnish economy by 2030 was drawn up based on the ENVIMAT<sup>scen</sup> model (basic scenario). From 2010 to 2030, Finland's gross domestic product (GDP) will increase by 35% and direct material consumption (DMC) by 59%, but raw material consumption (RMC) by only 14%. Material productivity (GDP/DMC) will decline, while raw material productivity will rise by 18%. Use of domestic natural resources will grow by 70% under this scenario: almost twice as much as gross domestic product. The increase in the mining of metallic minerals accounts for two thirds of the growth.</p> <p>The overall economic effects of the 10% improvement in material efficiency in all production sectors were studied at various levels of improvement costs in 2030. Regarding the overall economic impact, improvement investments are profitable until the period for a return on investment is 10 years or less, after which economic growth slows down compared to the basic scenario. With a 10-year period for a return on investment, gross domestic product increases by 1.9%, but raw material consumption falls by 10.1%.</p> <p>Resource efficiency is not as yet generally reflected in the strategies or target-setting of industrial companies. Lack of information is restricting the enhancement of resource use, which is why it is important to provide more information on best practices and expand cross-sectoral collaboration. Depending on the sector, the potential for improvement in resource efficiency could be a few per cent or as much as 10–20%. At the company level, in monetary terms, improvements could bring even greater benefits.</p> <p>The most effective way of cutting the consumption of natural resources would be to reduce the inputs into processes and increase the use of closed material cycles. However, direct reduction of material use alone would be insufficient for achieving resource efficiency; supporting measures are also needed, relating to issues such as legislation, product design, recycling of materials and consumption habits.</p>			
<i>Keywords</i>	resource efficiency, material efficiency, material flows, national economy, sectors, greenhouse gas emissions, employment, value added			
<i>Financier/ commissioner</i>	Ministry of the Environment			
	ISBN 978-952-11-4220-8 (PDF)		ISSN 1796-170X (online)	
	<i>No. of pages</i> 59	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> For public use	
<i>For sale at/ distributor</i>	The publication is available only on the internet: <a href="http://www.ym.fi/julkaisut">www.ym.fi/julkaisut</a>			
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment			
<i>Printing place and year</i>	Helsinki 2013			

Euroopan komission (EC) tiedonannossa ”Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa” (KOM 2011) jäsenvaltioita kehoitetaan ryhtymään toimenpiteisiin asetettujen välitavoitteiden saavuttamiseksi vuoteen 2020 mennessä sekä määrittelemään pidemmän aikavälin tavoiteasettelua resurssitehokkuuteen perustuvalle kestäväälle taloudelle vuoteen 2050 mennessä. Tämän raportin tarkoituksena on tukea Suomen toimenpiteitä käsittelevän materiaalitehokkuusohjelman valmistelua.

Suomen kokonaismateriaalivirroista ja eri toimialojen materiaalin käytöstä saatiin kokonaiskuva ympäristölaajennetun panos-tuotosmallin avulla. Suomen talouden raaka-ainekäytöstä vuonna 2008 hieman yli puolet aiheutuu tuonnista ja hieman alle puolet menee vientiin.

Tässä julkaisussa esitellään tuloksia Suomen kokonaismateriaalivirroista ja eri toimialojen materiaalinkäytöstä vuonna 2008. Työssä tehtiin myös yleisen 10 %:n materiaaliressurssien käytön tehostumisen kokonaistaloudellinen vaikutusarviointi vuodelle 2030. Elinkeinoelämän näkemyksiä resurssitehokkuudesta ja sen parantamisen potentiaaleista selvitettiin seminaarein ja haastatteluin.



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment